

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Fábio Ferreira Cardoso

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO SMED NA REDUÇÃO DO
TEMPO DE *SETUP* EM CONJUNTO COM O *TRAVEL CHART*, EM
UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL MECÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

Araraquara/SP

2014

C262a Cardoso, Fábio Ferreira

Análise da aplicação do método SMED na redução do tempo de SETUP em conjunto com o Travel Chart, em indústria do setor metal mecânico/Fábio Ferreira Cardoso. – Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2014. 116f.

Dissertação - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara - UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

1. SMED. 2. Travel-chart. 3. Análise estatística. 4. SETUP. I. Título.

CDU 62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARDOSO, F. F. **Análise da Aplicação do Método SMED na Redução do Tempo de *setup* em conjunto com o *Travel Chart* em uma indústria do setor metal mecânico.** 2014. 119. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Fábio Ferreira Cardoso

TÍTULO DO TRABALHO: Análise da Aplicação do Método SMED na Redução do Tempo de *setup* em conjunto com o *Travel Chart* em uma indústria do setor metal mecânico.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2014

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



Fábio Ferreira Cardoso

Rua Padre Duarte, 1295 - Centro

14801-320 – Araraquara - SP

fabiocard@uol.com.br



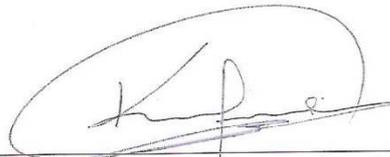
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:



Prof. Dr. Walther Azzolini Junior
Orientador(a) – UNIARA



Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto
Universidade de São Paulo - USP



Prof. Dr. José Luis Garcia Hermosilla
UNIARA – Araraquara

Araraquara, 26 de Abril de 2014.

Esta dissertação foi desenvolvida a partir do objeto de uma empresa do setor de Metal Mecânico. Somente foi possível com a autorização da Diretoria da Empresa e do apoio do Programa Nacional de Pós-Doutorado - *PNPD/2009 Edital MEC/CAPES e MCT/FINEP*, de acordo com o escopo do projeto *Tecnologias de Informação Para a Integração da Manufatura, Com Ênfase à Programação da Produção*, coordenado pelo Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, líder do grupo de pesquisa *TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção*, com a participação do recém Dr. Fábio Ferraz Junior.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro, lugar a meus pais Valdir Ferreira Cardoso e Célia Maria Orlandini Cardoso pelo apoio e incentivo de sempre. Agradeço aos meus amigos Gustavo José Caçador e Jederson Donizete Zuchi pelo aprendizado conquistado ao longo do mestrado. Sou grato, também, aos professores Walther Azzolini Junior e José Garcia Hermosilla pela atenção e conhecimento que agregaram em muito nesse projeto e ao gerente e diretor da empresa que é o objeto de estudo, pela confiança depositada em mim e por acreditarem nesse projeto. E, por fim, pela dedicação e paciência, agradeço a minha prima Gisele Antoniazzi Cardoso ao estar sempre a meu lado ao longo do desenvolvimento do meu mestrado.

EPÍGRAFE

*Se você quiser alguém em quem confiar, confie em
si mesmo, quem acredita sempre alcança.*

Renato Russo

RESUMO

O cenário competitivo mundial que se impôs às indústrias dos mais diferentes setores produtivos atualmente, resultado entre outros fatores do feito da globalização, alterou significativamente o escopo do processo de gestão industrial, podendo ser destacado como um dos principais impactos da mudança de escopo a busca incessante por reduzir a lacuna entre o nível de produtividade local (região geográfica onde a indústria encontra-se instalada) e o nível de produtividade mundial das indústrias do mesmo setor localizadas em diferentes regiões no mundo.

Tal *gap* influenciou o direcionamento de esforços na busca frenética pelos gestores por novos métodos de trabalho mais eficientes. Contudo, tais métodos devem ser capazes de apoiar a adequação da manufatura quanto a uma maior flexibilidade dos sistemas de produção de fornecer um *mix* de produtos cada vez mais amplo como uma exigência natural do mercado para com esses sistemas, a partir do desenvolvimento da tecnologia de produto e de processo dos últimos 50 anos.

Maior flexibilidade requer a contrapartida de um maior nível de produtividade da manufatura a fim de compensar o menor volume por tipo de produto, o que reflete diretamente na necessidade de redução do tempo de *setup* em decorrência do aumento da frequência de preparação das máquinas.

Como consequência a minimização do tempo de *setup* e a redução do tamanho do lote de produção passaram a ser uma vantagem competitiva, provavelmente de modo muito mais intenso do que entre as décadas de 1970 a 1990.

É nesse cenário que a troca rápida de ferramenta, a partir do uso da metodologia originalmente chamada de Smed (*Single Minute Exchange of Die*) retoma a sua importância como tema de pesquisa no meio acadêmico e industrial quanto à necessidade de adequá-la à conjuntura atual, devido à evolução da tecnologia de processo e de produto das últimas décadas.

De acordo com o problema de pesquisa de adequar a metodologia Smed a essa nova conjuntura o presente trabalho aplicou a metodologia Smed em conjunto com a técnica de estudo de movimentação em *layout* industrial *Travel Chart* (diagrama de espaguete) apoiado na proposta de adequação da metodologia proposta por Abele et al. (2012). O objeto de estudo foi uma indústria do setor metal mecânico da região de Campinas (SP).

O trabalho foi desenvolvido em uma das áreas de produção da indústria a partir da coleta de dados de tempos de processo e atividades relacionadas, análise estatística dos dados com o uso

do *software Minitab* para a identificação do impacto no nível de produtividade da área a partir dos principais motivos de parada e análise do ambiente organizacional (condições de trabalho, estrutura industrial e dinâmica das operações), além da pesquisa ser conduzida em tempo real na operação com interferência direta do pesquisador nas mudanças do procedimento do processo de *setup* após a fase de diagnóstico.

Entre os resultados na aplicação a partir da proposta de Abele et al. (2012) é possível destacar ganhos significativos na redução do tempo de *setup* do equipamento analisado, com uma redução de 94 minutos (de 285 minutos para 186 minutos) durante a realização de um *setup*.

Além desses resultados, o estudo mostra como atingir uma diminuição na movimentação de operadores durante o *setup*, apresentando uma redução de 1.388 metros percorridos por um operador para atuais 343 metros percorridos no processo de *setup* do equipamento.

Como conclusão, é evidenciada que a aplicação da metodologia SMED, de acordo com a proposta de Abele et al. (2012), requer o uso, no caso de processos de fabricação complexos de uma base de dados de tempo consolidada de todas as atividades inerentes ao processo de fabricação, não somente do tempo de *setup*, a fim de identificar a partir de uma análise estatística dos motivos de parada o de maior influência, de modo a apontar qual é o tipo de parada mais prejudicial para determinado processo de fabricação e não somente o processo de *setup* em si.

Palavras-Chave: SMED, Travel chart, análise estatística, setup.

ABSTRACT

The competitive worldwide scenario currently imposed upon the industries of different productive sectors by globalization and other factors significantly modified the scope of management process. Furthermore, the constant run to reduce the gap between the local productivity level (the geographic region where the industry is located) and worldwide productivity level of industries in the same sector all around the world is a major feature of industrial management scope modifying process.

Such gap redirected all managers' efforts to search for new and more efficient methods of work. However, with the development of product and process technology in the 1950's, these methods must provide a greater flexibility in productive systems and constantly amplify the number in the production of different products as a natural demand of the market within these systems. To achieve a greater flexibility, a bigger productivity level of manufacture is needed to compensate the minor volume of each product. Also, it is indispensable reduce the setup time due to their creased frequency of machines preparation.

As a consequence of the minimization of setup time and reducing the size of production lot became a competitive advantage, probably more intensely than during the decades from 1970 to 1990.

In this scenario, the reduction of setup time using the smed method (single minute exchange die) highlights its importance as a research topic in the academic and industrial area concerning the adequacy of this method to the current situation due to the evolution of process and product technology in the last decades.

Within this context, this work applied the smed method combined with the technique of optimizing industrial layout travel chart (spaghetti diagram) based on the adequacy method proposed by Abele et a. (2012). The object of study was an industry mechanic region of Campinas (SP) metal sector.

The development of this study consisted in the collection of processing times and related activities in one of the industry areas. All data was statistically analyzed using the software minitab to indentify the impact on the productivity level in this area based on the main causes of arrest and organizational environment (working conditions, industrial structure and operation

dynamics). In addition, the research was conducted in real time (during all operation process) with direct interference of the researcher in the setup process changes after the diagnostic phase.

With the application of the methods proposed by this research, it was possible to observe its great potential in reducing the setup time of the analyzed equipment. Among the results, there was a reduction of 94 minutes (285 minutes to 186 minutes) when performing a setup.

Furthermore, this study showed how to decrease the movement of operators during setup, a decrease from 1.388 to 343 meters covered by an operator during the equipment setup process.

In conclusion, it is evident that the application of smed methodology, as proposed by Abele et al. (2012) requires the use, in the case of complex manufacturing processes, of a consolidated time data base of all activities related to manufacturing process time and not only the setup time, to identify based on statistical analysis the major causes of the arrest in order to point out which is the most damaging type of arrest for a given manufacturing process and not only the setup process *per se*.

Key-words: *SMED, travel chart, statistical analysis, setup.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Variáveis de Tempo que Compõe o tempo de permanência de um item no sistema de produção | 17 |
| Figura 2 –Etapas e aplicação prática do método SMED..... | 31 |
| Figura 3 – Aplicação do Método SMED..... | 31 |
| Figura 4 – Possíveis caminhos para a redução do tempo de preparação no exemplo da base de ferramenta de rebarbação: eficiência e custos das medidas..... | 33 |
| Figura 5 – 1º Etapa do Procedimento proposto..... | 41 |
| Figura 6 – Aplicação do procedimento proposto..... | 41 |
| Figura 7 – Matriz para Estratégia de Atuação..... | 43 |
| Figura 8 – Gráfico da Rentabilidade dos Projetos de Otimização do Processo de Preparação..... | 44 |
| Figura 9 – Exemplo de um porta palete..... | 47 |
| Figura 10 – Modelo de Colunas CL, CM e CP..... | 48 |
| Figura 11 – Perfiladeira objeto de estudo..... | 48 |
| Figura 12 – Layout da Perfiladeira e seus agregados – antes..... | 60 |
| Figura 13 – Gráfico de Movimentação atual – operador 1 antes..... | 73 |
| Figura 14 – Gráfico de Movimentação atual – operador 2 antes..... | 73 |
| Figura 15 – Layout da Perfiladeira e seus agregados – depois | 78 |
| Figura 16 – Gráfico de Movimentação atual – operador 2 depois..... | 89 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Fases para implementação do SMED..... | 25 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Quadro 2 Benefícios citados na literatura para o SMED | 26 |
| Quadro3 Atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – antes | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Documento de apontamento da produção. | 51 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tabela 2 Total de tempos de deparadas coletados na perfiladeira | 54 |
| Tabela 3 Tempo em minutos das atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – antes | 58 |
| Tabela 4 Relação das atividades de <i>setup</i> interno e externo e suas devidas micro atividades - antes | 59 |
| Tabela 5 Estudo de frequência entre atividades – operador 1 antes | 63 |
| Tabela 6 Estudo de distância entre atividades – operador 1 antes..... | 65 |
| Tabela 7 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 1 antes | 66 |
| Tabela 8 Estudo de tempo entre as atividades em minutos – operador 1 antes..... | 67 |
| Tabela 9 Estudo do tempo total de deslocamento em minutos – operador 1 antes | 68 |
| Tabela 10 Estudo de frequência entre atividades – operador 2 antes | 69 |
| Tabela 11 Estudo de distância entre atividades – operador 2 antes..... | 70 |
| Tabela 12 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 2 antes | 71 |
| Tabela 13 Estudo de tempo entre as atividades em minutos – operador 2 antes..... | 72 |
| Tabela 14 Estudo do tempo total de deslocamento em minutos – operador 2 antes | 73 |
| Tabela 15 Atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – depois..... | 75 |
| Tabela 16 Tempo em minutos das atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – depois | 76 |
| Tabela 17 Relação das atividades de <i>setup</i> interno e externo e suas devidas micro atividades - depois..... | 77 |
| Tabela 18 Estudo de frequência entre atividades – operador 1 depois..... | 80 |
| Tabela 19 Estudo entre as distâncias percorridas – operador 1 depois | 81 |
| Tabela 20 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 1 depois | 82 |
| Tabela 21 Estudo de tempo entre as atividades em minutos – operador 1 depois | 83 |
| Tabela 22 Estudo do tempo total de deslocamento em minutos – operador 1 depois.... | 84 |
| Tabela 23 Estudo de frequência entre atividades – operador 2 depois..... | 85 |
| Tabela 24 Estudo de distância entre atividades – operador 2 depois | 86 |
| Tabela 25 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 2 depois | 87 |
| Tabela 26 Estudo de tempo entre as atividades em minutos – operador 2 depois | 88 |
| Tabela 27 Estudo do tempo total de deslocamento em minutos – operador 2 depois.... | 89 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BPA – *Business Process Analysis*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TPM – *Total Productive Maintenance*

VSM – *Value Stream Mapping*

SUMÁRIO

| | |
|--------------------|----|
| 1 Introdução | 16 |
|--------------------|----|

| | | |
|-------|--|----|
| 1.1 | Problema de pesquisa..... | 17 |
| 1.2 | Objetivo Geral da Pesquisa..... | 20 |
| 1.3 | Justificativa..... | 20 |
| 1.4 | Metodologia da Pesquisa..... | 21 |
| 1.4.1 | Desenvolvimento do trabalho segundo a metodologia da Pesquisa..... | 21 |
| 2. | Revisão da Literatura..... | 22 |
| 2.1 | Histórico e apresentação da metodologia SMED originalmente proposta por Shigeo Shingo..... | 22 |
| 2.2 | Delineamento da metodologia SMED e os principais benefícios do seu uso | 24 |
| 2.3 | Método <i>Bewerten mit Methode</i> | 27 |
| 2.3.1 | Considerações da metodologia SMED quanto aos resultados encontrados na literatura com a sua aplicação..... | 35 |
| 2.4 | <i>Travel Chart</i> | 37 |
| 2.5 | Proposta de adequação do procedimento da metodologia SMED fundamentada na proposta de Abele (2009) | 41 |
| 3. | Universo de Estudo..... | 47 |
| 3.1 | Levantamento e análise dos dados | 49 |
| 3.2 | Análise de movimentação (distância x frequência)..... | 61 |
| 4. | Resultados..... | 75 |
| 4.1 | Resultados com o SMED..... | 75 |
| 4.2 | Resultados com o <i>Travel Chart</i> | 78 |
| 5. | Conclusão | 91 |
| 6. | Referências | 93 |

1 Introdução

O padrão de competitividade atual entre as indústrias, devido à globalização, tem impulsionado, entre outros fatores, a busca das empresas por maior variedade de produtos à disposição do consumidor final, incluindo prazos de entrega cada vez menores em função do menor ciclo de vida desses produtos e com um nível de qualidade cada vez mais elevado, o que acaba por induzir as indústrias a buscarem ferramentas para melhorar seus processos e especialmente diminuir suas perdas durante a operação. (DIONYSIO, DIONYSIO, 2009).

Para Liker (2008), nesse contexto, toda atividade produtiva que não agrega valor ao produto representa uma perda no processo, como por exemplo, funcionários com certo nível de ociosidade que pode ser minimizada ou eliminada, por intermédio do uso da sua força de trabalho na execução de outras atividades em paralelo (enquanto uma máquina automática realiza as suas operações). O autor complementa que há, nesse caso, a necessidade de se observar a movimentação de ferramentas, dispositivos ou materiais entre os processos de fabricação por longas distâncias, o que afeta diretamente a produtividade e evita produtos em quantidades desnecessárias.

Oliveira (2007) corrobora com Liker (2008) ao destacar a importância de estudos direcionados a identificação e eliminação das fontes de perdas relacionadas ao projeto do arranjo físico das fábricas, com forte impacto negativo no desenvolvimento das atividades de manufatura.

“Basicamente, o projeto de arranjo físico pode ser iniciado com rigorosa análise do produto e avaliação da sequência de operações, visando estabelecer o fluxo mais racional possível, tanto de materiais quanto de operações de trabalho.” (OLIVEIRA, 2007, p. 355).

Para Hayes (2005), *layout* ou arranjo físico não adequado também pode contribuir para a existência de produtos com defeitos encontrados ao longo do processo de produção, transformado em um fator gerador de perdas, podendo se tornar um agravante ainda maior caso o produto defeituoso possa ser encontrado pelo cliente.

Perdas geram mais perdas. Por exemplo, maior quantidade de estoque em processo significa tempo de produção maior. Com o aumento de tempo necessário para percorrer o processo, há mais oportunidades de que os produtos se deteriorem e/ou desapareçam (ou, em serviços, que os clientes potenciais desistam) e leva-se mais tempo para identificar a existência de problemas de processo e as causas que contribuem para isso. Assim, os defeitos tendem a se acumular. *Lead times* de produção maiores o que também torna a previsão de demanda mais difícil, aumentando a probabilidade de que produtos em excesso ou insuficientes sejam fabricados (HAYES, 2005, p. 316 e 317).

Entre os principais fatores geradores de perdas, Samaddar e Whalen (2008) observam que o processo de preparação define ou quantifica o tempo de *setup* de uma máquina em qualquer organização, e é responsável por gerar perdas de tempo devido à ociosidade inerente às paradas das máquinas durante as trocas de ferramental para a produção de produtos diferentes. Especialmente devido ao tempo de espera em que a máquina fica parada para os devidos ajustes, para o início do próximo lote.

1.1 Problema de pesquisa

A princípio o problema de pesquisa do presente trabalho foi responder, com base na fundamentação teórica construída a partir da revisão bibliográfica e do objeto de estudo definido, a seguinte questão de pesquisa:

- 1) Qual o impacto do tempo de *setup* no nível de produtividade de um sistema de produção em linha?

Tal indagação surgiu a partir dos autores Stalk (1988) e Schmemer (1988) que apontam para a tendência mundial das indústrias de competir, nos mais variados setores industriais com base no tempo (*Time Based Competition*) de acordo com o cenário mundial, o qual deve ser medido e controlado.

Desse modo outras duas indagações de pesquisa surgiram a partir das questões:

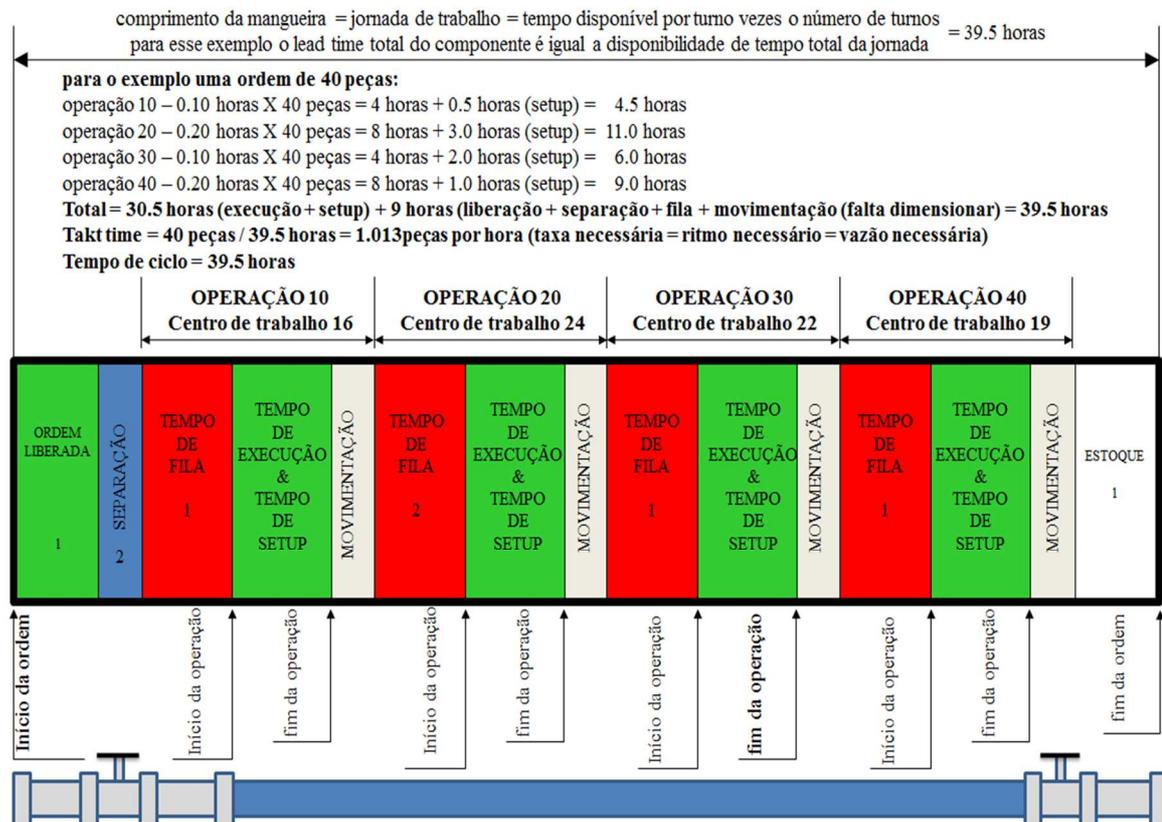
- 2) O tempo de preparação ou tempo de *setup* de uma linha de produção é a variável tempo de maior impacto no nível de produtividade de uma linha de produção?
- 3) Quais são as outras variáveis e qual o impacto dessas variáveis?

De acordo com Correll, J. G. e Kerbert, K. (2007) *apud* Azzolini, W. J e Ferraz, F. J. (2012) não podemos nos apoiar somente na redução do tempo de *setup* como a variável tempo

de maior impacto no nível de produtividade sem identificar as demais variáveis tempo relacionadas a operação de um sistema de produção, principalmente em sistemas de produção em linha e destacam de acordo com a Figura 1 que o tempo de permanência das matérias primas e componentes em um sistema de produção é composto, dependendo do processo de fabricação envolvido e do roteiro de fabricação do item, de componentes ou variáveis de tempo que podem influenciar com diferentes graus de impacto a produtividade de uma fábrica, ou seja, nem sempre o esforço direcionado a redução do tempo de *setup* garante aumento do nível de produtividade.

Corrêa e Giancesi (1996) afirmam que o tempo de espera é a parcela do *lead time* que responde por mais de 80% do tempo total. Este é o elemento do *lead time* mais importante a ser atacado pelo *Lean Manufacturing*.

Figura 1 – Variáveis de tempo que compõe o tempo de permanência de um item no sistema de produção. Fonte: Correll, J. G. e Kerbert, K. (2007) apud Azzolini, W. J e Ferraz, F. J. (2012).



Contudo, de acordo com os autores a produtividade de um sistema de produção relacionada às perdas de tempo deve levar em conta todos esses componentes, lembrando que nem sempre o tempo de *setup* é o tempo de maior impacto quanto ao indicador perda de tempo ou tempos improdutivos do sistema. Como pode ser observado cada elemento de tempo que compõe o *lead time* de produção está diretamente relacionado com a organização da área de trabalho e de como o gestor conduz o planejamento, programação e controle da produção.

Desse modo, o autor do presente trabalho ao abordar a linha de produção objeto de estudo pôde observar que mais de um motivo de parada incide na linha de produção e que a variável de tempo candidata a representar uma fonte de perda de tempo de forte impacto negativo no *lead time* e conseqüentemente no nível de produtividade não necessariamente poderia ser o tempo de *setup* gerando resultados abaixo da expectativa. Como trata-se de uma dissertação de mestrado de cunho aplicado acabou por definir o problema de pesquisa a partir das seguintes questões de pesquisa:

- 1) Entre os motivos de parada identificados qual o de maior impacto no nível de produtividade?
Técnica de apoio à validação da resposta: técnica estatística para quantificar a variável tempo de maior impacto com ênfase a determinar o impacto do tempo de *setup* no nível de produtividade e do tamanho do *lead time*.
- 2) Identificado o motivo de parada de maior impacto qual metodologia ou técnica a serem aplicadas na fase de diagnóstico e de intervenção?
Técnica de apoio à validação da resposta: a partir da literatura a definição do procedimento proposto por Abele et al (2009).
- 3) Identificada a variável tempo de maior impacto qual metodologia e técnica de correção aplicar?
Hipótese 1: sendo confirmado a variável tempo de maior impacto o tempo de *setup* aplicar, com base na literatura, a metodologia SMED quanto a otimização do procedimento de *setup* e a técnica *Travel Chart* para adequar o *layout* e reduzir o tempo de movimentação.
Hipótese 2: sendo identificado outra variável de tempo de maior impacto que não seja o tempo de *setup* buscar na literatura metodologia e técnica apropriada.

Durante o desenvolvimento do presente trabalho a primeira questão de pesquisa pôde ser respondida a partir do uso da análise estatística de acordo com os apêndices A e F, confirmando o motivo de parada tempo de *setup* como um dos motivos de maior impacto no nível de produtividade e tempo total.

A segunda questão, a partir da identificação do motivo de parada de maior impacto foi respondida com base na revisão bibliográfica com ênfase a procedimentos de preparação de equipamentos de manufatura e metodologias específicas como a metodologia SMED, no caso a proposta de Abele et al (2009).

1.2 Objetivo Geral da Pesquisa

Avaliar o desempenho da aplicação conjunta do SMED com o *Travel Chart* por intermédio de uma análise estatística da coleta de dados de paradas de *setup* em uma empresa do setor metal mecânico da região de Campinas (SP). Propor, com base nos resultados alcançados, um procedimento de otimização do processo de *setup* tendo em vista a proposta original de Shingo (1985) e de Abele (2009).

1.3 Justificativa

Para Chase *et al* (2004), *setup* é o tempo necessário de preparação de uma máquina desde o momento em que o último produto de um lote é feito, até a saída do primeiro produto do lote posterior em condições de qualidade e dentro das especificações do cliente. No mundo contemporâneo, quando se trata de ganhar tempo nos processos manufatura, um dos grandes pontos que a literatura indica é a minimização ou eliminação das perdas de tempo em *setup*.

Para Black (1998), as atividades básicas de um *setup* são elaboradas por meio de troca e ajustes de ferramentas da máquina ou equipamentos. Contudo, esse conjunto de atividades tem como fator principal a geração de possibilidades de ganhos de tempo consideráveis nos processos de fabricação das empresas.

É importante destacar que diversos autores estudaram o SMED, agregando outras metodologias. Para Perinic *et al.* (2009), integrar o 5S ao SMED em seu estudo de caso trouxe benefícios significativos na implementação do SMED, especialmente porque o 5S traz consigo os sensores de Organização, Ordenação, Limpeza, Padronização e Disciplina, sensores que dentro do SMED, indiretamente, devem ser utilizados. Não há como implementar o SMED sem o claro entendimento desses sensores em uma organização, segundo os autores não se pode pensar na implementação do SMED, por exemplo, sem se ter em mente que a organização deve ter processos padronizados no momento da atividade de *setup*. O 5S implica em uma mudança geral de cultura, fundamental dentro da organização, que vem ao encontro da mudança que o SMED também faz, no seu item específico, que é a redução do tempo de *setup*.

O presente trabalho aborda o uso da metodologia SMED dentro de um contexto do desenho de um procedimento mais amplo que deve garantir maior visibilidade do processo de preparação, enfatizando uma avaliação mais precisa do entorno do equipamento e não somente uma abordagem pontual do processo de *setup*: o que deve contribuir para o avanço da proposta de Abele (2009).

1.4 Metodologia da Pesquisa

A metodologia utilizada nesse projeto é tratada por Gil (2002), como uma pesquisa ação, que tem como base o levantamento de dados de forma empírica, concebida e realizada em associação com a resolução de um problema coletivo, segundo o autor, na pesquisa ação participantes e pesquisadores trabalham de modo cooperativo ou participativo, o pesquisador não é mero observador, existe a interação entre os envolvidos.

A pesquisa ação, ainda segundo Gil (2002), é fundamentalmente relacionada a mudanças, requer entendimento dos valores e normas da empresa, pode incluir todos os tipos de coleta de dados (técnicas quantitativas e qualitativas), requer amplo conhecimento do ambiente organizacional, condições, estrutura e dinâmica das operações, além da pesquisa ser conduzida em tempo real.

1.4.1 Desenvolvimento do trabalho segundo a metodologia da Pesquisa

Por meio do apontamento de dados da incidência dos motivos de parada e do uso de um modelo estatístico para validar os dados foi possível elaborar um diagnóstico para a identificação do motivo de parada de maior impacto quanto à restrição do fluxo de produção sendo identificado que entre os principais motivos de parada o de preparação do processo de fabricação é um dos mais críticos. A partir desta etapa de desenvolvimento do projeto de pesquisa do presente trabalho e de uma pesquisa bibliográfica do tema, identificou-se como o mais adequado a aplicação da metodologia SMED para tratar do problema central de pesquisa.

2. Revisão da Literatura

2.1 Histórico e apresentação da metodologia SMED originalmente proposta por Shigeo Shingo

Segundo Ulutas (2011), a metodologia SMED foi originalmente desenvolvida na década de 1950 por Shigeo Shingo, durante o estudo de um processo de fabricação de uma empresa do setor metal mecânico, envolvendo a mudança de um molde de estampagem de uma prensa. O objetivo do projeto desenvolvido e implementado por Shingo foi o de padronizar e simplificar as operações envolvidas no processo de fabricação da máquina e, conseqüentemente, acabou otimizando o processo de preparação para a troca dos estampos utilizados na operação. O autor dá ênfase ao fato de que, a partir dos resultados obtidos, Shingo passou a aplicar a metodologia em diversos outros casos. Isso resultou em maior frequência do uso da metodologia em projetos de otimização do processo de preparação, até ser difundido na literatura como ferramenta de melhoria contínua. Ao longo do tempo a metodologia chamada SMED – *Single Minute Exchange of Die* foi aprimorada juntamente com outras técnicas e ferramentas do *Lean Manufacturing*.

O uso de outras técnicas e ferramentas em conjunto com a metodologia, a fim de suprir as lacunas não observadas no procedimento de troca rápida de ferramenta em sua criação original por Shigeo Shingo, ampliou o foco dos projetos de melhoria do tempo de *setup* para o entorno do equipamento dando maior visibilidade às operações de movimentação e transporte dos materiais, ferramentas e dispositivos de fixação dos processos de fabricação.

Partindo das premissas de Shingo (1985), a princípio, a metodologia estabelece que as operações de *setup* devem ser divididas em dois grupos principais, amplamente divulgados e conhecidos no meio acadêmico:

- a) Operações internas – realizadas somente com a máquina parada; e
- b) Operações externas – que podem ser realizadas com a máquina em operação.

Desse modo Shingo, (1985) propõe quatro estágios para a aplicação da metodologia SMED:

- 1) Estágio preliminar – identificar no processo de *setup* a classificação entre operações internas e externas;
- 2) 1º estágio – separar operações externas e operações internas do processo de *setup*;

- 3) 2º estágio – converter de acordo com as particularidades de cada operação o maior número de operações possível, em *setup* interno para *setup* externo;
- 4) 3º estágio – otimizar o *setup* interno e o *setup* externo. É neste estágio que um estudo mais amplo e sistêmico deve compreender a movimentação e o transporte, configurando a necessidade de maior atenção à configuração do *layout* da área em que o equipamento se encontra: e o processo é realizado.

Observação: trabalhos atuais que abordam o uso da metodologia SMED – *Single Minute Exchange of Die*, como mencionado, dão maior ênfase à adequação do 3º estágio da metodologia por meio do uso de técnicas e ferramentas complementares do *Lean Manufacturing*.

Segundo Pereira (2008) com o uso da metodologia Shingo houve experiências em plantas industriais na *Mazda*, da década de 1950, na *Mitsubishi* em 1957 e na planta principal da *Toyota Motor Company* em 1969, e observa que esses trabalhos foram fundamentais para o aperfeiçoamento e finalização dos estudos realizados por Shingo em seus 19 anos de pesquisa sobre o tema.

Para Ulutas (2011), a metodologia SMED foi desenvolvida para as necessidades cada vez mais emergentes para se produzir produtos em lotes menores, necessários para atender à flexibilidade de demanda dos clientes. Na visão do autor, a metodologia atende a esses objetivos, desde que aplicada adequadamente e em conjunto com outras técnicas e ferramentas, no sentido de garantir maior visibilidade de todo o processo de fabricação, e não pontualmente em um equipamento. Ou seja, o tempo de preparação está inserido no contexto fabril e não somente em uma operação específica.

Costa et al (2013) menciona que os princípios e a ideia geral da metodologia SMED proposta, originalmente por Shingo, deixam claro na sua abordagem a necessidade de uma investigação mais precisa do ambiente em que o processo ocorre, enfatizando não somente as operações que são executadas diretamente na máquina, mas também a necessidade de se observar as operações realizadas no entorno da máquina definidas como operações do *setup* externo. De modo que, apoiados nessa premissa outros autores aprimoram o procedimento de otimização do processo de preparação com o uso de ferramentas do *Lean Production*.

O problema, de acordo com o autor, é que ao longo do tempo a análise sistêmica se perdeu, principalmente em função da atuação dos gestores dos projetos de melhoria na

operação, por diversos motivos, como falta de treinamento e entendimento da proposta original de Shingo quanto às particularidades. O que reduziu os resultados alcançados por esses projetos em conjunto com o aumento da complexidade dos processos impactada pelo aumento do *mix* dos produtos e da redução do ciclo de vida dos mesmos.

2.2 Delineamentos da metodologia SMED e os principais benefícios do seu uso

Shingo (2008) realiza o detalhamento do método a partir das operações a serem realizadas no processo de preparação em *setup* interno e *setup* externo. No primeiro caso, o *setup* é realizado somente quando a máquina está parada para a realização das atividades de *setup*, no segundo caso, o *setup* pode ser realizado com a máquina ainda em funcionamento. Na realidade, é a preparação dos itens de *setup* que podem ser alinhados e ajustados antes mesmo do *setup* ter seu início propriamente dito.

Para Garcez e Moreira (2013), o SMED é uma metodologia inovadora baseada no envolvimento da separação e conversão do *setup* interno em *setup* externo. Neste caso, o SMED pode ser a metodologia que dá suporte ao nivelamento da flutuação da demanda existente nas indústrias, o que reduz o *lead time* e também elimina os desperdícios durante os processos de *setup*.

Para King (2009), o SMED tem quatro fases fundamentais para sua implementação, a Quadro 1 apresenta de forma resumida essas fases:

Quadro1 - Fases para implementação do SMED

| | |
|--------|--|
| FASE 1 | Identificar as tarefas externas, promovendo as mudanças necessárias para que essas tarefas contribuam para a diminuição do tempo de <i>setup</i> , reorganizando as tarefas que podem ser realizadas antes do momento do <i>setup</i> ou mais precisamente antes que a máquina seja desligada para os devidos ajustes, ou após a finalização do <i>setup</i> . |
| FASE 2 | Determinar quais tarefas são realizadas com a máquina desligada, essas atividades em um primeiro momento são aquelas que os operadores só podem realizar a partir do momento que a máquina é parada para os devidos ajustes de <i>setup</i> , é o chamado <i>setup</i> interno. |
| FASE 3 | Converter <i>setup</i> interno em <i>setup</i> externo, analisando possibilidades de padronização de ferramentas, parafusos, acessórios, matrizes, etc. com o intuito de possibilitar que os operadores da máquina possam fazer grande parte dos ajustes necessários para o <i>setup</i> na máquina enquanto a mesma esta em funcionamento. |
| FASE 4 | Sempre que a atividade permitir, é fundamental que as atividades de <i>setup</i> interno devem ser realizadas em paralelo enquanto a máquina esta em operação, trabalhar com dois operadores ao mesmo tempo pode trazer ganhos consideráveis na redução de tempo de <i>setup</i> . |

Fonte: Adaptado de King (2009).

No estudo sobre a metodologia SMED, realizado pelos autores Calarge e Satolo (2008), dezesseis fatores principais de contribuição da metodologia SMED são relacionados:

Fator 1: Rápida resposta às variações de mercado (maior flexibilidade).

Fator 2: Possibilidade de produção em pequenos lotes.

Fator 3: Redução de custos.

Fator 4: Diminuição do *lead time*.

Fator 5: Aumento de produtividade.

Fator 6: Redução de níveis de estoque.

Fator 7: Eliminação de gargalos.

Fator 8: Melhoria de qualidade.

Fator 9: Redução tempo de espera de produtos para processamento.

Fator 10: Possibilidade de aumento do *mix* de fabricação.

Fator 11: Redução de esforços do operador.

Fator 12: Redução dos defeitos e retrabalhos provenientes de preparação malfeita.

Fator 13: Aumento da taxa de giro de estoque.

Fator 14: Mudança na cultura organizacional.

Fator 15: Melhor utilização de área fabril.

Fator 16: Redução de lotes em processo.

A partir desses fatores os autores destacam os trabalhos desenvolvidos e apresentados na literatura e apresentam um resumo com os principais benefícios da metodologia, de acordo com o Quadro 2.

Quadro2 Benefícios citados na literatura para o SMED

| AUTOR | FATOR 1 | FATOR 2 | FATOR 3 | FATOR 4 | FATOR 5 | FATOR 6 | FATOR 7 | FATOR 8 | FATOR 9 | FATOR 10 | FATOR 11 | FATOR 12 | FATOR 13 | FATOR 14 | FATOR 15 | FATOR 16 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Fagundes e Fogliatto (2003) | X | X | X | X | | | | | | | | | X | | | |
| Neumann e Ribeiro (2004) | X | X | X | X | | X | | X | X | X | X | | X | | | |
| Bacchi, Sugai e Novashi (2005) | X | X | | X | | X | | X | | X | | X | | | | |
| Monteiro et al. (2005) | X | X | X | | X | | | | | | | X | | | | |
| Pinto e Souto (2007) | X | X | X | | | X | X | | X | | | | | | | |
| Pontes et al. (2007) | | | X | X | X | | | | | | | | | | | |
| Palomino e Carissimi (2007) | | | X | X | | | | | | | | | | | X | |
| Maia, Idrogo, Leite (2008) | | X | | X | X | | X | | | X | | | | | | |
| Oliveira (2008) | X | X | | X | X | | | | | | | | | | | |
| Elias, Neto e Dyna (2008) | X | X | X | | | | | | | | X | | | | | |
| Elias et al. (2008) | X | | | | | | | | X | | | | | X | | |
| Cechect et al. (2008) | X | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | X |
| Chen e Meng (2010) | X | X | | | | X | | X | X | | | | | | | |
| Ulutis (2011) | X | X | X | | X | | | | | | | | | | | |
| Moreira e Pais (2011) | X | | | | X | | | X | X | | | | X | X | | |
| Bartz et al. (2012) | | | | | | | | X | X | | X | | | X | | |
| FREQUÊNCIA (%) | 75 | 68 | 56 | 43 | 37 | 31 | 18 | 37 | 37 | 18 | 18 | 12 | 18 | 18 | 6 | 6 |

Fonte: Calarge e Satolo (2008).

Com resultado apresentado da pesquisa de Carlage e Satolo (2008), fica claro que os benefícios mais significativos para a implementação do SMED é a rápida resposta a variação da demanda de mercado e a possibilidade de produção em pequenos lotes.

Por meio do estudo dos autores, observam-se na literatura novas propostas do uso da metodologia SMED com o propósito de consolidar a contribuição a partir dos fatores relacionados, o que dá maior visibilidade à relação custo benefício do uso da metodologia. Com esse viés Abele (2009) desenvolve o método *BewertenmitMethode*.

2.3 Método *BewertenmitMethode*

O Instituto alemão “Tecnologia e Máquinas-Ferramentas (*InstitutfürProduktionsmanagement, TechnologieundWerkzeugmaschinen – PTW*)” da Universidade Técnica de Darmstadt, que atua na Alemanha com ênfase à pesquisa na área de Gerenciamento da Produção há alguns anos, vem estudando diferentes tipos de medidas de intervenção para otimização dos processos de fabricação. As pesquisas têm o propósito de desenvolver procedimentos específicos de uso na operação industrial capazes de apoiar o desenvolvimento de projetos de melhoria fundamentados em vários conceitos disseminados para reduzir tempos de preparação de máquinas operatrizes.

Como diretor do Instituto PTW, Abele et al. (2012) desenvolveu o método *BewertenmitMethode* com esse propósito e partiu do princípio de que sendo os tempos de preparação incluídos no tempo de ciclo da operação, (o que compreende o período desde o início da produção até o produto acabado), esse tempo pode ser aumentado dependendo do fluxo de produção, conseqüentemente, das operações realizadas na execução do processo e na preparação do equipamento para o início do processamento, devendo ser detalhado no escopo do fluxo de produção de modo sistêmico.

Segundo Abele et al (2009), a partir da visão sistêmica do fluxo de produção, torna-se mais fácil compreender e identificar as restrições de processo existentes no escopo das operações realizadas no que se refere à máquina: o tempo de preparação é um fator decisivo, influenciando no tempo de execução por meio da produtividade do equipamento ou seu uso efetivo e no aumento da flexibilidade do processo. Pode operar com lotes menores de peças e componentes com tempos de ciclos menores que afeta o fluxo todo a jusante e a montante.

O método proposto por Abele et al.(2009) aborda o processo de preparação ou de *setup* a partir de quatro áreas que, por compreender, o equipamento e seu entorno, permite ampliar a visibilidade do processo além do ambiente do equipamento na operação.

Por meio da definição das áreas, o autor especifica cada uma delas quanto a fatores que devem ser considerados em função da influência que exercem no uso dos recursos de manufatura, em detrimento do processo de preparação.

As áreas e os fatores de influência são descritos a seguir:

1) Produto

- a) Tipo construtivo do produto quanto à forma ou delineamento das superfícies. *Design* ou geometria;
- b) Diversidade de peças a serem processadas quanto ao tipo construtivo;
- c) Tipo de material a ser processado;
- d) Qualidade e especificações técnicas do produto que impactam no processo de fabricação;
- e) Complexidade do projeto do produto ao quanto impacta na operação;
- f) Superfícies de fixação do produto ou peça na máquina;
- g) Nível de verticalização do processo de fabricação do produto quanto à obtenção de componentes ou matéria prima.

2) Processo

- a) Processo de manufatura requerido;
- b) Máquina ou recurso de manufatura requerido;
- c) Ferramenta ou dispositivo utilizado no processo de fabricação;
- d) Sistema de fixação da peça na máquina podendo incluir dispositivos especiais de fixação;
- e) Instrumentos de medição das medidas intermediárias ou finais da peça após o processamento;
- f) Sistema de controle da operação;
- g) Manuseio da peça no percurso até a máquina, na fixação da peça na máquina e posteriormente na retirada da peça e deslocamento ao posto de trabalho seguinte;
- h) Periféricos ou recursos utilizados na execução da operação.

3) Pessoal

- a) Qualificação da mão de obra;
- b) Flexibilidade da mão de obra na função de executores do processo de fabricação de acordo com as operações relacionadas;
- c) Remuneração;
- d) Motivação;
- e) Conscientização;

- f) Número de colaboradores que atuam no processo de fabricação específico;
 - g) Trabalho em equipe;
 - h) Treinamento.
- 4) Organização
- a) Sequenciamento das operações quanto à coerência da configuração do *layout* com o roteiro de fabricação da peça, incluindo a própria sequência do processo de preparação a ser realizado a cada repetição do processo de preparação;
 - b) Organização do espaço;
 - c) Fluxo de informações;
 - d) Suprimentos ou abastecimento;
 - e) Controle da manufatura;
 - f) Divisão do trabalho;
 - g) Plano de testes ou de inspeção;
 - h) Documentação envolvendo desenhos das peças e instruções de trabalho;
 - i) Estrutura da organização.

Segundo o autor, ao se avaliar os processos envolvidos na preparação do equipamento, a maior influência é exercida no planejamento e na otimização. O que implica no fato de qualquer procedimento desenhado para apoiar projetos de melhoria com foco na redução do tempo de *setup* deve nesse caso, dar maior ênfase às áreas do processo e da organização.

É nesse contexto que Abele et al. (2009) reforçam a importância da avaliação da sequência de execução envolvida no processo de preparação, devendo ser considerados todos os processos relacionados ao processo de fabricação abordado a montante e a jusante. Esse instante, no qual justifica como parte do procedimento ou método para a descrição do processo de preparação, separar as operações ou atividades a serem realizadas em internas e externas, conforme a metodologia de Shigeo Shingo (1985).

Além disso, o autor destaca que a observação direta da máquina deve compreender o objetivo da otimização da produção sem perder de vista a definição de três conceitos inerentes ao processo de preparação, que se traduzem em elementos temporais da ocupação da máquina, como:

- 1) Reduzir o tempo de preparação – envolve abordar o sistema de trabalho com visão mais precisa a respeito da tecnologia de processo de produto disponível no mercado, a fim de encontrar a relação custo/benefício mais adequada, a partir do uso da tecnologia na

execução das atividades manuais relacionadas ao processo de fabricação e ao processo de preparação;

- 2) Reorganizar o tempo de preparação – envolve o abordar o sistema de trabalho no processo de preparação, com foco no objetivo de converter os processos internos de preparação em processos externos, dando ênfase ao desafio de tornar possível que muitos dos processos de preparação possam ocorrer durante o tempo de operação da máquina; e
- 3) Evitar o tempo de ajuste de preparação – envolve a peça na máquina. O objetivo é evitar todo o tempo desperdiçado na preparação da máquina na fixação das peças na mesma envolve desde a etapa de projeto, planejamento da manufatura (evitar reprogramação aleatória) até os sistemas utilizados para a fabricação da peça.

Nesse contexto, qualquer medida de intervenção a partir de um projeto de melhoria a ser proposto que visa reduzir o tempo de *setup* deve compreender preferencialmente uma avaliação prévia da necessidade de mudanças tecnológicas envolvendo, segundo o autor, recursos de organização e qualificação da mão de obra. É evidente que mudanças tecnológicas envolvem tecnologia do processo e tecnologia do produto e que no mundo contemporâneo as possibilidades crescem exponencialmente quanto às opções de tecnologia disponível, dependendo obviamente do acesso e do custo/benefício relacionados à aquisição.

Contudo, de acordo com Abele et al (2009) mudanças tecnológicas, de acordo com o escopo de ajuste do tempo de preparação ou tempo de *setup*, requer em primeiro plano foco na otimização das operações manuais dispendiosas (que podem ser mecanizadas ou automatizadas) do processo de preparação. Isso implica intervir no modo de execução de atividades dependentes em grande parte do processo de fabricação. Desse modo, o autor sugere que é fundamental avaliar ou quantificar um limite de tempo de preparação mais curto para o sistema por meio das modificações do processo de preparação pertinentes e necessárias identificadas na máquina e no entorno dela.

Com base no limite de tempo definido, torna-se muito mais fácil avaliar e priorizar as medidas para a redução. Nesse caso, com base na metodologia SMED, a proposta compreende três estágios descritos a seguir e representados na Figura 1;

- 1) Definir os processos internos e externos e delimitá-los entre si, com precisão.
- 2) Transformar processos internos em externos; e
- 3) Otimizar os processos internos e externos.

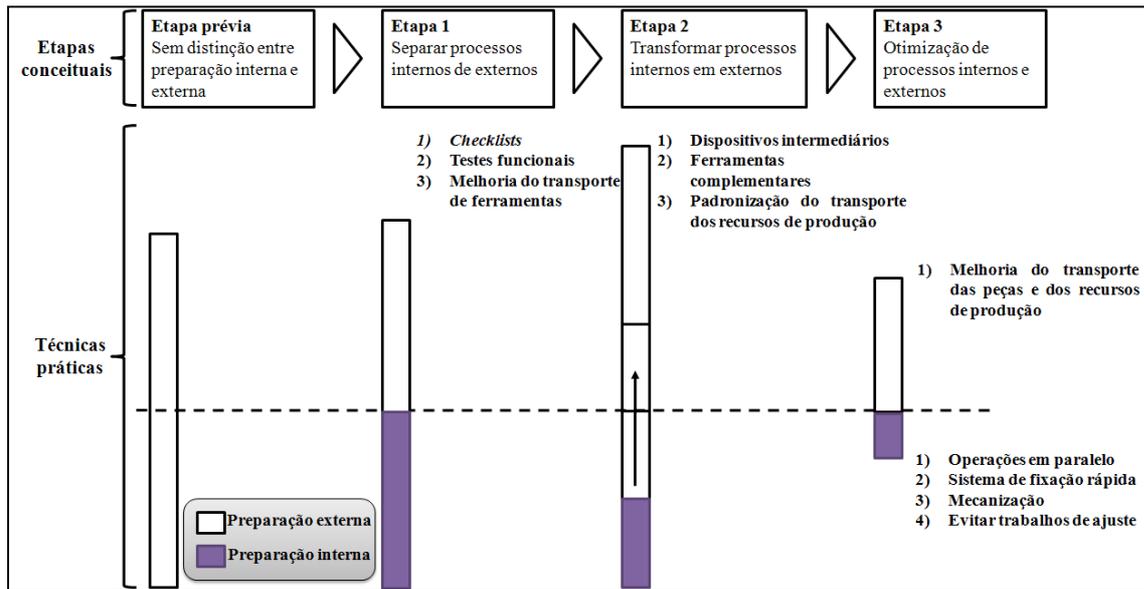
A primeira adequação da metodologia SMED proposta pelos autores é o desenvolvimento, a partir da proposta original, de um modelo capaz de avaliar as medidas de otimização do tempo de *setup* definido como método ampliado do SMED, representado na Figura 1.

A proposta divide as etapas de implementação em quatro fases: sendo a primeira fase, o registro do processo de preparação atual, caracterizando ou classificando as operações relacionadas em internas e externas separadas por módulos de preparação. Assim, buscando, a seguir, determinar o tempo de preparação mais curto e as restrições do sistema.

A partir da proposta de Abele et al (2009) o nível de detalhe do processo de preparação, embora similar a proposta original de Shigeo Shingo (1985), busca ampliar a visibilidade do processo quanto às suas limitações. Bem como à determinação de um parâmetro de tempo de execução do *setup* exequível, de acordo com as limitações ou restrições do sistema, avaliando com maior precisão o entorno do equipamento de acordo com as suas relações de dependência no fluxo de produção.

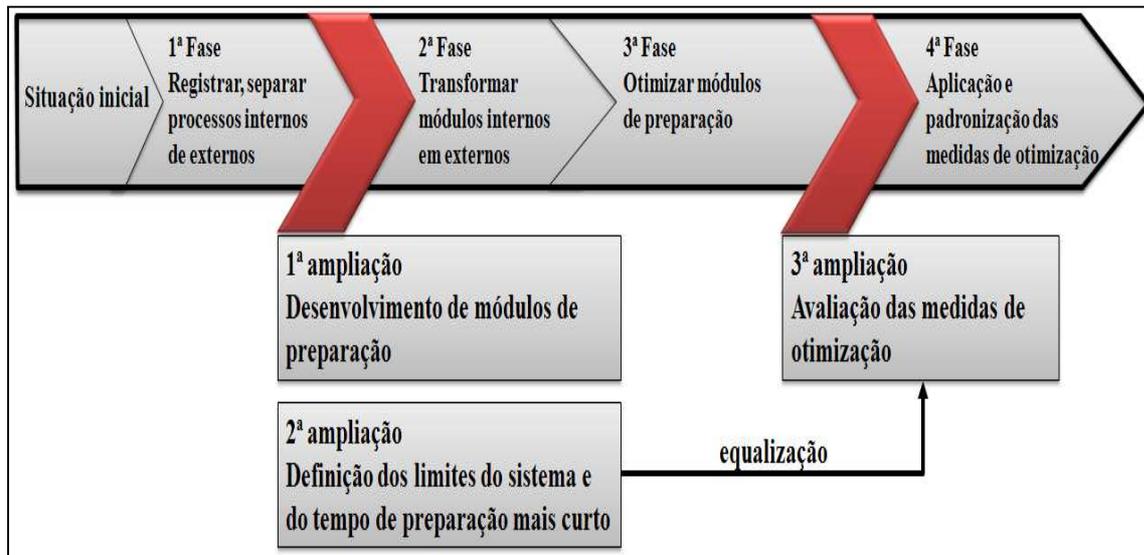
Contudo, de acordo com a Figura 2, o autor sugere a determinação de um limite de tempo de *setup* para o sistema por meio da equalização das operações realizadas em cada módulo de preparação: as quais devem auxiliar a definição das margens de manobra nas medidas de otimização, que podem requisitar a alteração das instruções e procedimentos de trabalho no momento da execução da preparação. Isso envolve a aplicação de novas tecnologias e melhora da padronização do processo, o que deve refletir diretamente na otimização do *setup*.

Figura 2 Etapas e aplicação prática do método SMED



Fonte: Abele et al (2009)

Figura 3 Ampliação do método SMED.



Fonte: Abele et al (2009).

É evidente que o tempo mais curto de *setup* somente será alcançado se o delineamento proposto na fase de registro, separação dos processos internos e externos transformados em módulos, forem desenvolvidos com fundamentos técnicos consistentes capazes de definir o limite real do sistema e do tempo de preparação por meio da tecnologia adotada. O que depende do acesso à tecnologia quanto a fornecedores capacitados no mercado, capacidade de investimento da empresa com base na relação custo/benefício e a qualificação da mão de obra, em fazer uso da nova tecnologia, ampliando o seu *know-how* do processo de fabricação, ao qual o procedimento de

setup encontra-se inserido. Todo esse esforço contempla a execução das fases 2 a 4 tendo como resultado uma matriz de preparação avaliável e comparável com os níveis ótimos definidos. (ABELE et al., 2009).

A justificativa do autor quanto ao delineamento dos módulos de preparação é o fato de os módulos, se bem desenhados, auxiliarem a determinação de um limite de tempo de *setup* exequível da adequação das operações do processo de preparação de acordo com o melhor uso dos recursos disponíveis ou com os recursos a serem adquiridos com o acesso a novas tecnologias na busca da otimização da preparação, o que a metodologia SMED não considera. A metodologia SMED, segundo o autor, tem como objetivo a redução máxima possível do tempo de *setup*, mas não busca identificar qual o limite da redução com base nos recursos disponíveis e melhorias exequíveis do processo. Faz sentido abordar maior visibilidade do grau dentro do qual os meios operacionais e a organização podem ser alterados, de acordo com os limites do alcance do projeto de melhoria ao realizar modificações no processo de preparação.

A avaliação dos resultados a serem obtidos por meio das mudanças a serem realizadas no processo de preparação representa, também, a necessidade da definição de critérios de avaliação por intermédio de métodos quantitativos da relação custo-benefício. O indicador mais apropriado nesse caso é a rentabilidade adicional gerada pelo projeto de melhoria do processo de *setup*, o qual pode ser calculado, a partir do escopo da proposta de Abele et al (2009).

Abele (2009) propõe o cálculo pela razão entre a eficácia da medida e a média dos custos de utilização por módulo de preparação, sendo:

- 1) Eficácia – redução percentual alcançada do tempo de preparação $t_{red\%}$;
- 2) Fator de custos – todos os custos relacionados pela aquisição das medidas C_{red} ;
- 3) Fator de rentabilidade – $R_{red} = t_{red\%} / C_{red}$.

Com base em um exemplo proposto pelo autor de uma aplicação envolvendo duas áreas consideradas como grandezas, que influenciam o processo de preparação:

- 1) Otimização organizacional, e
- 2) Técnica de troca rápida de peça acoplada na máquina: a aplicação trata do uso da metodologia SMED expandida como proposto pelo autor por meio do sequenciamento de medidas de redução de tempo de preparação.

Por meio do exposto na Figura 3, Abele et al (2009) explica a correlação entre a redução percentual do tempo (%) e a percentagem do custo reduzido (%) por módulo de preparação por meio da premissa de adequar no módulo à disposição de elementos adicionais de fixação.

Nesse caso, o autor define como medidas organizacionais:

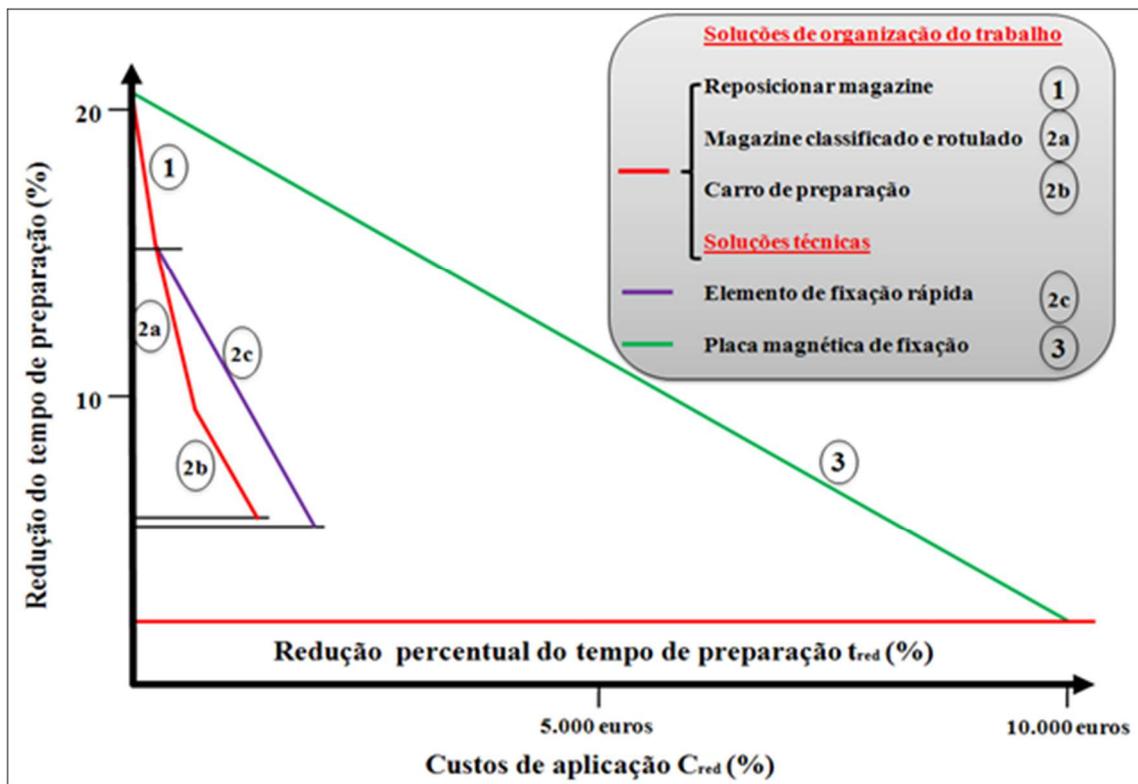
- 1) Reposição do magazine de ferramentas;
- 2) Classificação e identificação do magazine de ferramentas; e
- 3) Adequação do carro de preparação.

Trata-se da reconfiguração da estrutura disponível no equipamento para a realização do setup de acordo com as operações realizadas no processo de preparação.

Na sequência é relacionado às medidas tecnológicas sendo:

- 1) Definição e implementação do elemento de fixação rápida; e
- 2) Aquisição e implementação da placa magnética de fixação.

Figura 4 Possíveis caminhos para a redução do tempo de preparação no exemplo da base de ferramenta de rebarbação: eficiência e custos das medidas.



Fonte: Abele et al. (2009).

É visível na Figura 4 que as curvas relacionadas possuem inclinação descendente, em função do fator econômico: R_{red} ser negativo. É visível, também, com base no gráfico da Figura 3 que o custo de implementação das medidas tecnológicas é bem maior do que os custos de aquisição e implementação das soluções por meio das medidas organizacionais. Também é possível avaliar que as soluções magazine classificado e rotulado e o carro de preparação atingem redução do tempo de preparação semelhante à da aplicação de elementos de fixação, com custos de implementação bem mais reduzidos (ABELE, 2009).

Para calcular os custos C_{red} gerados pela redução dos tempos de preparação, devem ser levados em consideração, além dos custos de aquisição, os de implementação, entre eles: de compras, montagem, preparação e treinamento dos colaboradores. Estes últimos entram na forma de custo hora de trabalho.

2.3.1 Considerações da metodologia SMED quanto aos resultados encontrados na literatura com a sua aplicação

Como mencionado anteriormente, outras técnicas podem ser importantes aliadas na implementação do SMED, segundo Kumar e Abuthakeer (2012), são opções das ferramentas *Lean*, como o VSM (*Value Stream Mapping*), TPM (*Total Productive Maintenance*) e o *Six Sigma* que podem apoiar a implementação da metodologia.

Para os autores, o uso dessas ferramentas do *Lean Manufacturing* dá credibilidade ao projeto SMED e permite entregar valor aos clientes, tendo em vista que posteriormente os custos de produção tendem a reduzir, diminuindo, assim, o preço para os clientes finais. Contudo, há na literatura inúmeros trabalhos relacionados à aplicação da metodologia SMED com outras técnicas e ferramentas, como por exemplo:

- 1) Perez (2009), apresenta em seu projeto de implementação do SMED, em uma empresa de embalagens o uso do BPA (*Business Process Analysis*), na elaboração da atividade de separação do *setup* interno *versus* o *setup* externo da metodologia SMED, com o uso do BPA. Perez (2009) aborda as atividades de ambos os *setups* (interno e externo) colados em uma parede para posterior classificação. Com a ajuda do BPA na classificação dessas atividades do SMED, obteve-se um ganho substancial de tempo na visualização de ambos os processos.

- 2) Adanna e Shantharam (2013), realizaram seu projeto do SMED com a gravação de um vídeo do processo de *setup* de quatro máquinas em uma indústria. Dessas gravações, a operação de *setup* com tempo mais considerável foi a escolhida para o projeto. A filmagem foi detalhada com o auxílio de um software chamado *Visio Timer Pro*, em que se separa de forma dinâmica as atividades incluídas no vídeo da gravação do *setup*, detalhando também seus devidos tempos de duração. Após a separação feita pelo *software*, as etapas de conversão de *setup* interno em *setup* externo, se tornam mais rápidas.
- 3) Berlecet *al* (2010), realizaram um *work shop* para a aplicação do SMED. Baseando-se nas experiências dos autores, foi apontado que a formação de uma equipe de trabalho que entenda dos processos que serão analisados é essencial para uma aplicação bem sucedida, sendo assim, para a realização do *work shop* é fundamental a análise de alguns itens, como a documentação técnica da máquina, seleção dos membros da equipe, definição da meta de redução de tempo de *setup*, análise dos componentes da máquina, entre outros.
- 4) Para McIntoshet *al* (2000), comentam que o método de Shingo é baseado em transformar *setup* interno em *setup* externo, o que de fato, é uma mudança organizacional. Para os autores, a redução de tempo de *setup* deve ser obtida com a mudança de projeto, o que na prática se traduz em modificações no equipamento para obter a redução do tempo de *setup*. Apesar da alteração de projeto ser mais onerosa, os possíveis resultados de serem obtidos mais satisfatórios.
- 5) Redução de 67 minutos para 30 minutos de um *setup* em uma indústria siderúrgica foi o resultado apresentado por Gajdzik e Grzybowska (2012); essa diminuição foi possível devido à mudança de algumas operações: transformação do *setup* interno em *setup* externo, padronização e organização dos postos de trabalho por meio de mudanças no *layout*, melhoria da comunicação com treinamento aplicado aos operadores, e utilização, como metodologia de apoio, o 5S para fidelizar a mudança de atitudes na conclusão das alterações propostas.

Desse modo, o uso de técnicas e ferramentas em conjunto com a metodologia SMED devem contribuir para os resultados a serem obtidos por meio de projetos de melhoria que visam à otimização do processo de preparação, como por exemplo, o *Travel Chart*.

2.4 Travel Chart

Segundo Costa et al (2013) projetos de melhoria do processo de *setup* envolvendo o uso da metodologia *Single-Minute Exchange of Die* (SMED), por si só, não são capazes de alcançar resultados significativos. A metodologia deve ser apoiada em outras ferramentas do *Lean Production* como o 5S, *Visual Management* (gestão visual) e *Standard Work* (padronização do trabalho documentada por meio das instruções de trabalho), além de todo o processo de movimentação de dispositivos e ferramentas em torno do recurso posicionado no chão de fábrica com tempo de *setup* em excesso.

Costa et al. (2013) complementam que prováveis reduções do tempo de *setup*, quando resultam em melhoras significativas do processo de fabricação, incluem reduções do estoque em processo (*work-in-process* – WIP) e distâncias percorridas pelos operadores no entorno do equipamento em função da complexidade da operação, o que inclui também a necessidade do uso do *travel chart* (*spaghetti chart*).

Embora, segundo Costa et al (2013), o uso do *travel chart* não represente ineditismo em estudos de melhoria de *layout*, no caso de projetos de melhoria envolvendo o objetivo da redução do tempo de *setup*, poucos trabalhos focam paralelamente as atividades desenvolvidas pelos operadores no entorno do processo, que representa na grande maioria dos casos, perdas de tempo significativas que comprometem o desempenho do uso dos recursos definido como produtividade. Consequentemente, a padronização do processo torna-se mais intuitiva para os operadores e muito mais rápida durante a execução.

As ponderações do autor constam como premissas do Sistema Toyota de Produção sendo enfatizadas por Shingo (1989), por meio das sete perdas destacadas por ele: sobre produção, inventário, espera ou tempo de fila, defeitos, processamento adicional, movimentação e transporte. Além disso, destaca um grupo de ferramentas e técnicas do *Lean Production* capazes de apoiar iniciativas da redução dessas perdas como o uso da metodologia SMED, 5S, *Visual Management*, *Standard Work* e *Value Stream Mapping*.

Contudo, Shingo reforça a valorização do uso da metodologia SMED em projetos de melhoria que envolve a redução do *setup* realizada por ele no livro publicado em 1985, no qual define a metodologia *Single-Minute Exchange of Die* como: uma teoria e um grupo de técnicas que torna possível a realização do *setup* de um equipamento e mudanças na operação em menos do que 10 minutos. Isso significa mudar o tipo do produto em produção, mantendo determinada taxa de produção com qualidade e maior flexibilidade.

McIntosh et al. (1996), afirmam que todo o processo de desenvolvimento de novas metodologias e técnicas provocado pelo *Lean Production* é o resultado da busca, por parte dos

gestores da produção da Toyota, de soluções com foco na operação para acompanhar a mudança de paradigma do sistema de produção convencional para a produção *Just in Time*. No caso, acompanhar o *Just in Time* ou suprir suas necessidades quanto à ideia de reduzir ou eliminar perdas e operar um sistema de produção mais enxuto requer, sem sombra de dúvidas, a produção de menores lotes e um processo de *setup* muito mais rápido.

Portanto, o autor sugere que o uso da metodologia SMED, juntamente com outras ferramentas *Lean* como 5S, Gestão Visual, *Travel Chart* e de trabalho padrão, requer a construção de uma metodologia mais ampla para a solução do problema de redução do tempo de *setup* apoiada na metodologia SMED.

A metodologia proposta por Costa et al (2013) compreende nove etapas:

- 1) Observação inicial: identificação das ferramentas necessárias e ferramentas usadas durante a configuração da proposta do projeto de melhoria do processo estudado, com o objetivo de identificar os locais onde o operador se move ao redor do equipamento e todos os outros aspectos envolvidos no processo;
- 2) Diálogo com o operador: identificação dos potenciais problemas na área das instalações em que o equipamento se encontra;
- 3) Realização da filmagem do processo em operação: para registrar todas as operações e movimentos durante a operação;
- 4) Construção de um diagrama de sequência (estado atual): descrição de cada operação realizada, incluindo o registro da duração da operação e a distância percorrida pelo operador na área em torno do equipamento, com o propósito de classificar o tipo de atividade (operação, transporte, inspeção, espera ou de inventário);
- 5) Construção do *Travel Chart* (gráfico *Spaghetti* do estado atual): o *Travel chart* permite representar os movimentos que o operador executa durante o processo de execução das operações e a identificação das áreas de maior fluxo;
- 6) Fase 1 da aplicação da metodologia SMED: separar ou classificar as operações em operações internas e externas;
- 7) Fase 2 da aplicação da metodologia SMED: converter operações internas e externas;
- 8) Fase 3 da aplicação da metodologia SMED: racionalizar as operações internas e externas;
- 9) Análise dos resultados: analisar os resultados obtidos e verificar o impacto da metodologia implementada.

No caso da metodologia proposta pelo autor os cinco primeiros passos podem ser considerados partes integrantes da fase preliminar da metodologia SMED definida no item 6 como fase 1 pelo autor.

A metodologia proposta por Costa et al (2013) converge para um procedimento que enfatiza uma sequência de passos mais detalhada a fim de permitir maior visibilidade do processo de aplicação da metodologia SMED, resumindo, Costa et al (2013) propõe identificar no fluxo de produção:

- 1) Trajetos (buscar ferramentas, equipamentos de elevação, etc.)
- 2) Trocas perigosas de ferramentas
- 3) Limpezas necessárias
- 4) Fixações (tempo necessário para a realização da tarefa, ferramentas necessárias, etc.)
- 5) Ajustes dos dispositivos (tempo necessário)
- 6) Ferramentas para execução do *setup* (apropriadas, disponibilidade, etc.)
- 7) Atividades (coordenação, tempo gasto)
- 8) 5S
- 9) Preparação (ferramentas, materiais, documentação de qualidade, ordem de produção, etc.)
- 10) Ergonomia
- 11) Padronização das etapas do *setup*.

Para Hasanet al (2012), a avaliação de um *layout* é um desafio e leva tempo devido a sua natureza complexa e seus diferentes modelos. Além disso, é preciso ter uma coleta de dados confiáveis como base, dessa maneira, simulações de estudos de *layout* devem ser realizados para que se possa medir os desempenhos e benefícios de tais modelos.

Conforme Hasanet al (2012) há inúmeros objetivos que podem ser abordados na melhoria de um *layout*, como: minimizar os custos de manuseios de materiais, minimizar o tempo total de produção e *setup* de um equipamento, garantir a segurança e conforto dos funcionários, além de gerar flexibilidade nos processos de produção. Para os autores, uma das maneiras de se avaliar a melhoria de um *layout* é utilizar o *Travel Chart*.

Segundo Carrie (1973), o *Travel Chart* (ou diagrama de espaguete) é um gráfico que apresenta de forma simples a movimentação de materiais, pessoas e equipamentos em um determinado *layout* de estudo. Com essa ferramenta é possível analisar as perdas na movimentação de materiais e nos fluxos das pessoas envolvidas no processo de trabalho, trazendo a análise da mensuração das distâncias percorridas entre as atividades de processos.

Segundo Silva (2012), devido à aparência dos traços realizados no croqui, o *Travel Chart* permite perceber os movimentos dos operadores no chão de fábrica, é de simples análise e pode ser aplicado em qualquer área que se deseja melhorias em *layout*. Permite perceber os desperdícios de movimentos e transporte existentes na fábrica de uma forma visualmente simples e intuitiva e, ao ser desenhado no croqui, permite medir os deslocamentos entre os pontos e quantificar as perdas nos processos.

O *Travel Chart* pode ser usado em diversos processos, tanto no ramo industrial, como no ramo de serviços. Agarwalet *al* (2012) utilizaram o *Travel Chart* em uma empresa de pequeno porte que fabrica peças para usinas de açúcar. No estudo, a aplicação do *Travel Chart* teve como objetivo a redução de desperdícios de tempo, mão de obra e custos. A redução de custos na melhoria do processo de *layout* chegou a 50%, aumentando assim, o lucro da empresa. Para Agarwalet *al.* (2012) existem alguns fatores que podem influenciar o layout de uma empresa:

- Tipos de produtos;
- Sistemas de produção: célula de produção, produção em massa, produção por lotes;
- Disponibilidade total da área;
- Escala de produção;
- Tipo de construção: térrea ou em andares;
- Arranjo do sistema de manuseio dos materiais;
- Plano de expansão futuro.

Para o levantamento dos fatores que influenciam o *layout* da uma empresa, Agarwalet *al* (2012), sugere os seguintes pontos que devem ser observados:

- Coletar dados precisos sobre os tipos de produtos, processos, materiais, etc.;
- Analisar os dados coletados com o auxílio de sistema computacional;
- Selecionar um padrão de fluxo para os materiais e processos;
- Analisar os projetos dos postos de trabalho individualmente;
- Montar o *layout* de acordo com o padrão estabelecido.

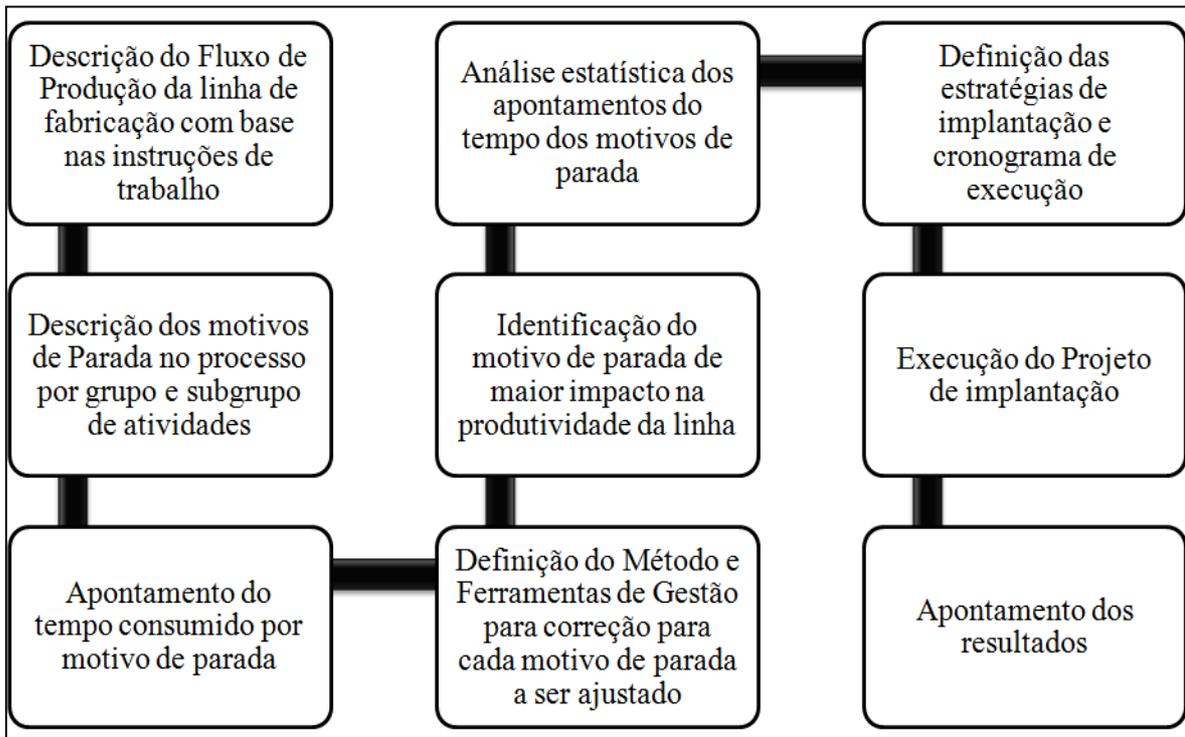
2.5 Proposta de adequação do procedimento da metodologia SMED fundamentada na proposta de Abele (2009)

Abele et al (2009) propõe que, ao se avaliar as operações envolvidas no processo de preparação do equipamento, a maior influência quanto aos resultados a serem obtidos é exercida nas áreas de planejamento e otimização. O que implica que qualquer procedimento desenhado para apoiar projetos de melhoria, com foco na redução do tempo de *setup* deve, nesse caso, dar maior ênfase às áreas do processo e à organização.

Desse modo, o autor do presente trabalho propõe um procedimento fundamentado na proposta de Abele et al (2009) descrito na Figura 5 e aplicado no objeto de estudo do presente trabalho representado na Figura 6.

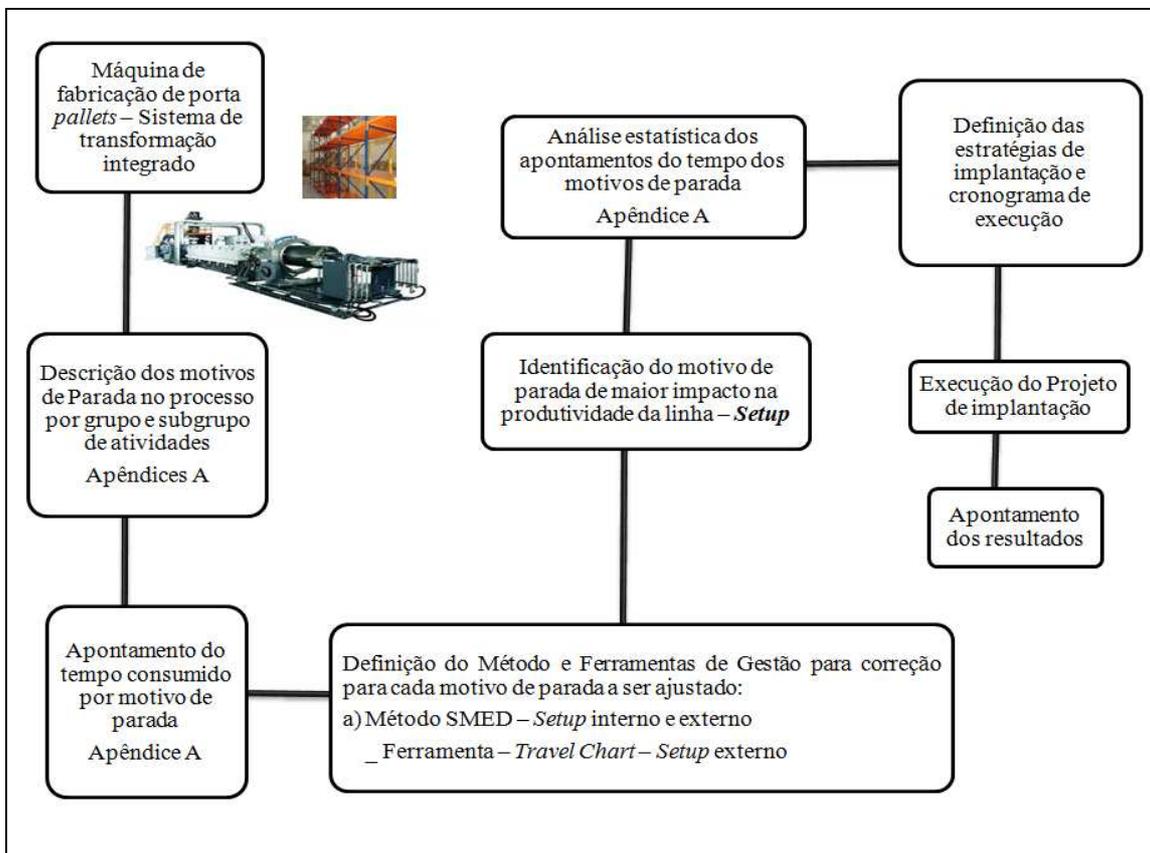
- 1) Organização
 - a) Descrição do Fluxo de Produção da linha de fabricação com base nas instruções de trabalho;
 - b) Descrição dos motivos de parada no processo por grupo e subgrupo de atividades;
 - c) Apontamento do tempo consumido por motivo de parada;
 - d) Análise estatística dos apontamentos do tempo dos motivos de parada;
 - e) Identificação do motivo de parada de maior impacto na produtividade da linha;
 - f) Definição do método e ferramenta de gestão mais apropriada para a minimização ou eliminação de cada motivo de parada a ser ajustado.
- 2) Planejamento
 - a) Definição das estratégias de implantação e cronograma de execução;
 - b) Execução do projeto de implantação;
 - c) Apontamento dos resultados.

Figura 5-1ª Etapa do procedimento proposto



Fonte: Abele, 2009.

Figura 6 Aplicação do procedimento proposto



Fonte Próprio autor.

Na etapa de organização, o procedimento proposto conta com o auxílio da Matriz para estratégia de atuação (Figura 7) o qual deve orientar o envolvimento das gerências responsáveis, uma avaliação dos indicadores do processo de fabricação e a relação entre o desempenho alcançado e a frequência e, também, criticidade dos motivos de parada. Assim, fazendo uso da modelagem estatística para maior visibilidade da correlação entre as variáveis do processo de produção, quanto às principais restrições na operação.

Por meio da análise, a matriz para estratégia de atuação deve auxiliar a identificação das ferramentas e técnicas a serem aplicadas de acordo com o modelo apresentado na Figura 7.

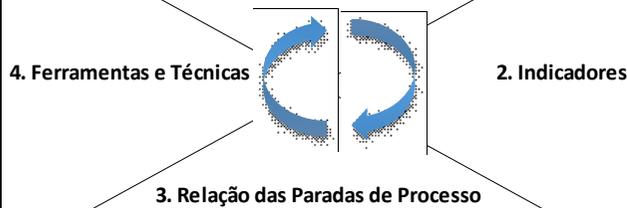
A Figura 7 traz quatro itens a serem considerados para análise estratégica, assim descrita:

- 1) **Gerências responsáveis:** é a descrição da divisão organizacional da empresa em estudo, destacando as áreas de manutenção, logística, qualidade, engenharia industrial & processos.
- 2) **Indicadores:** são os indicadores gerências que representam a empresa objeto de estudo do projeto de pesquisa.
- 3) **Relação das paradas de processo:** são os itens de paradas apontados na folha de coleta de paradas, conforme Tabela 3.
- 4) **Ferramentas e técnicas:** são as ferramentas que podem ser utilizadas para a solução do problema de cada parada específica.

O funcionamento da Matriz para Estratégia de Atuação (Figura 7) é dado da seguinte maneira, conforme exemplo:

No item 1 (gerências responsáveis) é apontada qual gerência deve ser responsável por desenvolver o projeto de melhoria de acordo com cada tipo de parada (item 3) na gerência de qualidade, temos que o seu indicador (item 2) é o de % de refugo, que por sua vez, influencia no item 3 (relação de paradas de processo) o item *setup*, pois no momento do *setup* pode ser gerado refugo devido a ajustes necessários no equipamento, a contrapartida dessa situação é o item 4 (ferramentas e técnicas) que para o caso da melhoria de *setup*, pode-se trabalhar com quase todas as ferramentas, exceto o *kanban* e o PDCA, desta forma, o ciclo da matriz estratégica é fechada, apontando a área responsável pela solução desse tipo de parada, os indicadores que compõem esse tipo de parada e as possíveis ferramentas para a gestão otimizar o problema.

Figura 7-Matriz para Estratégia de Atuação.

| Matriz para Estratégia de Atuação | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----|------|-------------------------|-----------|------|--------|--|---|-----------------------------------|------------------------------------|-----|--|------------------|------------------|----------------------|--|
| | | | | | | | | | | Manutenção | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Logística | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Qualidade | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Engenharia Industrial & Processos | | | | | | | |
| SMED | TRAVEL CHART | 5S | PDCA | Causa-Efeito (Ishikawa) | 5 Porquês | 5W2H | Kanban | Competências dos Operadores (Revezamento entre máquinas) | <div style="text-align: center;"> <p>1. Gerências Responsáveis</p> <p>2. Indicadores</p>  <p>3. Relação das Paradas de Processo</p> <p>4. Ferramentas e Técnicas</p> </div> | Volume | Entrega (no prazo e na quantidade) | OEE | Produtividade (Volume/horas homem trabalhadas) | % Refugo (Scrap) | Número de Setups | Tempo Médio de Setup | |
| | | | | | | | | | Sem Demanda | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Refeição | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Necessidades Pessoais | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Ginastica Laboral | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Manutenção Preventiva | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Manutenção Corretiva | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Setup | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Falta de Material | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Parada por Gestão | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Aguardando PCP | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Reunião | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Retrabalho | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Falta de Abastecimento | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Transporte de Peças Prontas | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Ajuste do Equipamento pelo Operador | | | | | | | | |

Fonte: Próprio autor

Partindo-se na proposta de Abele et al.(2009), o procedimento proposto pelo autor do presente trabalho faz uso da ponderação da rentabilidade alcançada por intermédio da implementação das soluções adotadas quanto ao processo de otimização do tempo de preparação como descrito na Figura 8.

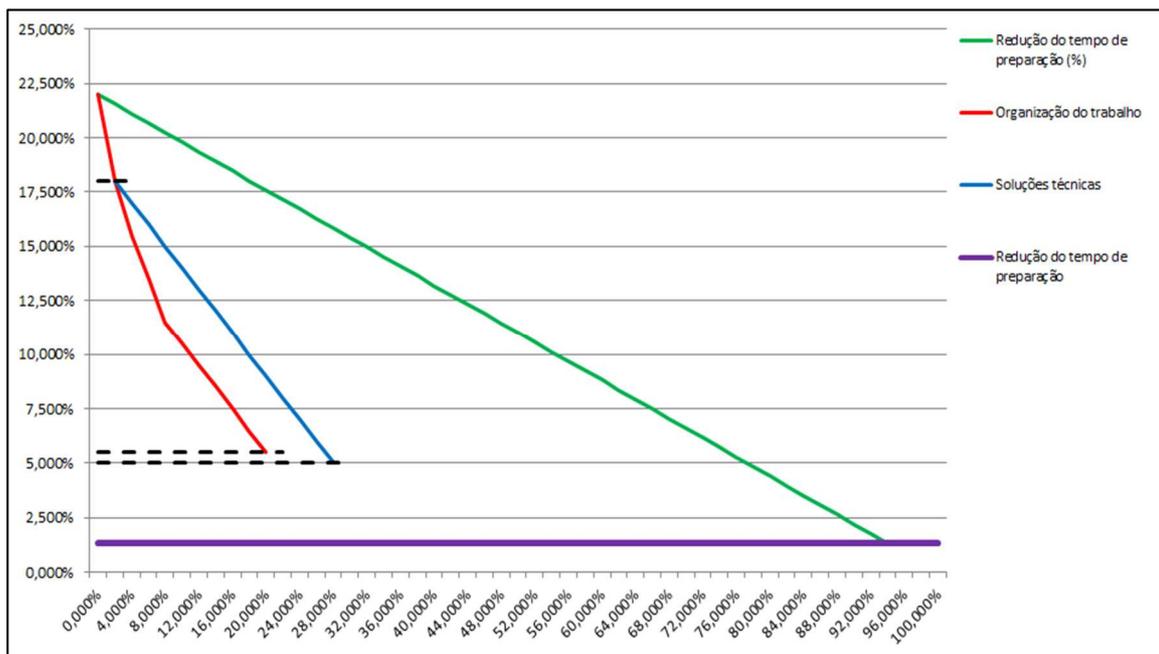
De acordo com o exemplo há três frentes de adequação do tempo de preparação:

- 1) Custo de aplicação;
- 2) Organização do trabalho;
- 3) Soluções técnicas.

Como pode ser observado, por meio da redução do tempo de *setup* como resultado da implementação das soluções, o custo individual de aquisição de cada solução passa a amortizar o custo adequando à rentabilidade do projeto a partir da amortização. Nesse caso, o procedimento deve permitir simular cenários quanto à relação custo benefício do projeto e avaliar, de acordo com a capacidade de investimento da empresa, por ordem de criticidade, qual das soluções deve ser implementada primeiro e com qual velocidade com relação ao tempo de implantação.

A Figura 8 traz o gráfico dos dados, identificando o limite de redução do tempo de *setup* de cada solução e a participação em % dos custos de aquisição, podendo ser amortizados de acordo com a implementação das soluções.

Figura 8– Gráfico da rentabilidade dos projetos de otimização do processo de preparação



Fonte: Adaptado de Abele (2009).

É importante ressaltar que o escopo da metodologia SMED, originalmente proposto por Shigeo Shingo, pode ser considerado completo. O que pode ser mudado é a amplitude do procedimento quando se trata de inserir, na execução do procedimento, outras técnicas e ferramentas do *Lean Manufacturing* com o propósito de aumentar a visibilidade do processo de produção e adequar os resultados à realidade atual das indústrias do mundo contemporâneo. Isso, quanto ao aumento da complexidade dos processos de produção e produto, com relação à tecnologia a ser aplicada.

Abele et al.(2009) dá ênfase a esses fatores e contribui não somente com maior detalhamento do procedimento, considerando as áreas críticas relacionada ao processo de preparação, como também expõe um formato padrão de avaliação da relação custo benefício por intermédio do cálculo do índice de rentabilidade.

O presente trabalho, contudo, buscou, baseando-se em Abele (2009), complementar a solução proposta, ao avançar o uso da modelagem estatística e a descrição das etapas de implantação do SMED, dando ênfase às questões levantadas na literatura como restrições ao uso da metodologia, sem, no entanto, deixar de valorizar a contribuição de Shigeo Shingo.

3. Universo de Estudo

A empresa que é objeto do estudo do desenvolvimento do trabalho é fabricante de móveis de aço e encontra-se localizada na região metropolitana de Campinas. Entre os produtos fabricados pela empresa, destacam-se arquivos, armários, roupeiros, bancadas, balcões e estantes, todos metálicos. A empresa atua também, com notável presença no mercado nacional de fabricação de sistemas para armazenagem. Destaca-se a fabricação de porta paletes, mezaninos, *drive in*, divisórias, *flow rack* entre outros. Tem faturamento na ordem de R\$ 5.000.000,00 mensais e conta com aproximadamente 400 funcionários. Além da fábrica, que está instalada na região de Campinas (SP), conta com um escritório comercial na cidade de São Paulo.

O foco desse projeto de pesquisa é o processo de fabricação do produto porta paletes com foco no processo de *setup* da linha de fabricação e montagem, com uma proposta estruturada por meio do procedimento proposto por Shingo.

A escolha da linha de fabricação e montagem do produto porta paletes é pelo fato de se tratar de uma linha completa do processo de fabricação e montagem do produto, composto por mais de uma máquina com operações específicas de acordo com o roteiro de fabricação do produto, o que envolve atividades de *setup* ao longo do fluxo de fabricação.

O produto porta paletes é utilizado para armazenar grande variedade de produtos paletizados com grande aproveitamento de espaço vertical. Este sistema permite alta seletividade, pois, o acesso a cada paletes é feito sem movimentar nenhum outro paletes. O produto porta paletes é composto de vários itens, entre eles, destacam-se:

- 1) Coluna,
- 2) Travessa diagonal,
- 3) Sapata,
- 4) Longarina,
- 5) Garras, outros acessórios, como porta bobinas, porta pneus, espaçador de garfos,
- 6) etc.

A Figura 9 traz um exemplo do produto porta paletes:

Figura 9– Exemplo de um porta palete.

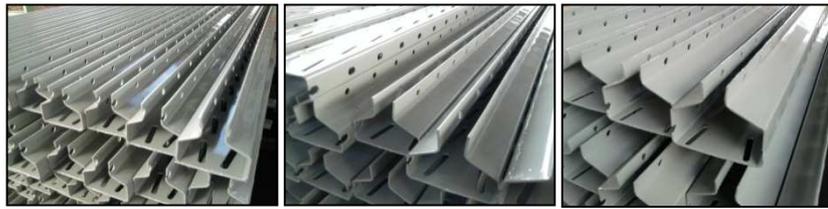


Fonte: Empresa objeto do estudo

O foco do desenvolvimento do projeto é o processo de fabricação do componente da coluna, que tem a função de garantir a total sustentação da estrutura física do produto, oferecendo resistência e durabilidade. O material construtivo da coluna é aço estrutural de grande resistência.

A máquina que é responsável pela fabricação do componente da coluna é chamada de perfiladeira. Consiste em um sistema de rolos seqüenciados que fazem com que a chapa de aço (matéria-prima) seja perfilada no formato e espessura correta da coluna, de acordo com a necessidade do cliente. As colunas são oferecidas em três modelos: a) CL (coluna leve) com largura de 200 mm, b) CM (coluna média) com largura de 240 mm e c) CP (coluna pesada) com largura de 300 mm. As bitolas (espessuras) podem ser de 2,00 mm, 2,25 mm, 2,65 mm e 3,00 mm, sendo o comprimento definido de acordo com cada projeto. A Figura 9 apresenta os modelos de colunas fabricados.

Figura 10– Modelos de colunas – CL, CM e CP.



a) Coluna leve (CL) b) Coluna média (CM) c) Coluna pesada (CP)

Fonte: Empresa objeto do estudo.

3.1 Levantamento e análise dos dados

A análise do tempo da realização da pesquisa e coleta dos dados do projeto é transversal, ou seja, tem um período pré-determinado, com começo, meio e fim. Será utilizado como procedimento para elaboração do projeto, a pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e filmagem.

Além da realização das pesquisas citadas, foi feita a coleta de dados referente à máquina perfiladeira, utilizando uma folha de coleta para que os tempos de paradas da máquina fossem apontados pelos operadores que trabalham diretamente com o equipamento. Esses dados, posteriormente, serão tratados com o auxílio de planilhas eletrônicas para que se possa dar a tratativa adequada em relação à redução do tempo de *setup* da perfiladeira em questão.

Figura 11 - Perfiladeira objeto de estudo



Fonte: www.daltec.ind.br

A perfiladeira (Figura 11) é a máquina responsável pela transformação da chapa de aço na coluna do produto porta paletes, o estudo se limita aos dados coletados e apontados durante o processo de *setup* desse equipamento e seus agregados.

É com base nos dados gerados pelo documento implantado chamado de Apontamento de Produção da Máquina (Tabela 1) que são feitos os apontamentos, os tempos das paradas apontadas no documento de coleta são realizados pelos operadores. No estudo foram levantados 15 tipos de paradas que estão de acordo com a necessidade da empresa objeto de estudo. É válido lembrar que esses tipos de paradas devem atender cada empresa em particular, os dados coletados, devem ser digitados em seus respectivos códigos de paradas com seus respectivos minutos de paradas.

Para facilitar os apontamentos, esses códigos após serem criados, devem ser um padrão para toda a empresa. Em todos os setores, os códigos deverão ser os mesmos para sua respectiva parada, pois para fazer os apontamentos em planilha eletrônica é necessária essa padronização.

O documento descrito na Tabela 1 é preenchido manualmente. O operador preenche os horários de acordo com a ocorrência das devidas paradas. No caso, a descrição de um dia específico de trabalho, desde o início do turno, como no exemplo: a máquina permaneceu parada das 06h00minhs às 06h15minhs para que o operador realizasse a ginástica laboral (código 04 no documento) das 06h16minhs às 10h40minhs a máquina operou normalmente (código 00 apontado no documento), das 10h41minhs às 11h00minhs a máquina teve a operação interrompida pela falta de material (código 08 apontado no documento), das 11h01minhs às 12h00minhs a máquina teve a operação interrompida para que o operador realize sua refeição (código 02 apontado no documento), das 12h01minhs às 15h50minhs a máquina teve a operação interrompida para a realização de um *setup* completo (código 07A apontado no documento), das 15h51minhs às 16h00minhs parou novamente devido às necessidades pessoais do operador (código 03 apontando no documento) e finalmente no dia específico apontado o término do expediente.

Tabela 1- Documento de apontamento da produção.

APONTAMENTO DE PRODUÇÃO DA MÁQUINA _____ DATA ___/___/___ exemplo

| Acompanhamento das Paradas de Produção | Status da Máquina | Horário | | Observação |
|--|-------------------|---------|-------|------------|
| | | Inicial | Final | |
| <u>Códigos das Paradas</u> | 04 | 06:00 | 06:15 | |
| 00 – Em Produção | | | | |
| 01 - Sem Demanda | 00 | 06:16 | 10:40 | |
| 02 – Refeição | 08 | 10:41 | 11:00 | |
| 03 - Necessidades Pessoais | 02 | 11:01 | 12:00 | |
| 04 - Ginástica Laboral | 7A | 12:01 | 15:50 | |
| 05 - Manutenção Preventiva | 03 | 15:51 | 16:00 | |
| 06 - Manutenção Corretiva | | | | |
| 07 – <i>Setup</i> | | | | |
| 08 - Falta de Material | | | | |
| 09 - Parada por Gestão | | | | |
| 10 - Aguardando o PCP | | | | |
| 11 – Reunião | | | | |
| 12 – Retrabalho | | | | |
| 13 - Falta de Abastecimento | | | | |
| 14 - Transporte de Peças Prontas | | | | |
| 15 - Ajuste do Equipamento pelo Operador | | | | |
| <u>Tipos de Setup</u> | | | | |
| A – Completo | | | | |
| B – Material | | | | |
| C – Largura | | | | |
| D – Comprimento | | | | |
| E – Espessura | | | | |

Fonte: Empresa objeto do estudo.

Os códigos das paradas da Tabela 1 e seus respectivos significados são descritos abaixo:

01 – SEM DEMANDA: O tempo que a máquina fica sem produzir por não ter pedido do PCP.

02 – REFEIÇÃO: Tempo do Almoço ou Jantar do operador.

03 – NECESSIDADES PESSOAIS: Tempo em que o operador deve pausar para tomar água, ir ao banheiro, ambulatório, etc.

04 – GINÁSTICA LABORAL: Tempo em que a máquina é parada para o operador fazer seus exercícios.

05 – MANUTENÇÃO PREVENTIVA: Manutenção realizada para atender às paradas programadas da manutenção.

06 – MANUTENÇÃO CORRETIVA: Tempo em que a máquina fica parada para manutenção, independente se a manutenção está sendo realizada ou não.

07 – *SETUP*: O tempo de *setup* vai do momento em que foi produzida a última peça boa do lote, até o momento em que sair a primeira peça boa do lote seguinte. Lembrando que o *setup* é dividido por mais outros 5 tipos, conforme folha de coleta.

08 – FALTA DE MATERIAL: Nesse caso, a parada é marcada a partir do momento que a máquina fica sem material para trabalhar, mesmo que exista matéria-prima na empresa, ela deve estar ao lado da máquina quando for necessário seu uso.

09 – PARADA POR GESTÃO: Paradas para preenchimento de documentos e especialmente quando existe produção para ser feita na máquina, mas por ordem do líder da área, o operador é deslocado para outra função.

10 – AGUARDANDO O PCP: Quando se tem produção a ser feita, porém o PCP ainda não informou o que deve ser produzido.

11 – REUNIÃO: Tempo em que o operador para a máquina para participar de reuniões.

12 – RETRABALHO: Ocorre se a máquina parar para que o operador precise realizar algum retrabalho em algum componente/peça.

13 – FALTA DE ABASTECIMENTO: Tempo que se leva para abastecer a máquina com matéria-prima, enquanto ela estiver parada para abastecimento, esse tempo é apontado.

14 – TRANSPORTE DE PEÇAS PRONTAS: Tempo em que a máquina fica parada para que o operador movimente as peças que produziu para outros locais.

15 – AJUSTE DO EQUIPAMENTO PELO OPERADOR: Tempo em que o operador para a máquina para fazer ajustes diversos para poder produzir conforme especificação.

Importante ressaltar que no item sete que trata da parada de máquina referente ao tempo de *setup*, a operação foi dividida em cinco tipos:

Tipo A: completo: é realizado quando a máquina for preparada para a troca total de todo o ferramental, esse tipo deve ser apontado quando o *setup* for realizado durante a troca de produtos com especificações diferentes (material, largura, comprimento e espessura).

Tipo B: material: *setup* utilizado quando o produto é o mesmo, mas o tipo de material (aço) tem especificação fora do padrão solicitado pelo cliente.

Tipo C: largura: *setup* realizado somente quando produto a ser fabricado tem como alteração a sua largura, mantendo as outras dimensões.

Tipo D: comprimento: *setup* realizado somente quando o produto a ser fabricado tem como alteração o seu comprimento, mantendo as outras dimensões.

Tipo E: espessura: *setup* realizado somente quando o produto a ser fabricado tem como alteração a sua espessura, mantendo as outras dimensões.

Liker (2008) destaca que o SMED trata os dados de paradas da máquina e não dos operadores que trabalham em suas atividades, a ferramenta deve ter seu foco nos tempos de paradas do equipamento. Isso deve ser informado de maneira transparente aos operadores envolvidos no processo, a ideia da ferramenta é facilitar o processo de trabalho dos operadores e não ser uma espécie de delator das possíveis negligências que operadores podem realizar com relação ao aproveitamento de seu tempo produtivo.

É com base nos dados gerados por uma planilha eletrônica (Tabela 2) que são feitos os apontamentos, digitando-se os tempos das paradas apontadas no documento de coleta pelos operadores. Essa planilha deve apresentar todos os códigos das paradas apontados no documento de

coleta, no exemplo, são 15 códigos, coletados diariamente, obrigatoriamente são apontados em minutos, os dados coletados, devem ser digitados em seus respectivos códigos de paradas com seus respectivos minutos de paradas.

Tabela 2 Total dos tempos de parada coletado na perfiladeira

| SETOR ARMAZENAGEM - DECLARAÇÃO DE IMPRODUTIVIDADE - PERFILADEIRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---|--------------|--------------|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|----|--------------|----|--------------|--------------|--------------|----|----|
| DIA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Disponível para Produção (min) | 600 | | 600 | 520 | | | 600 | 600 | 600 | 600 | 520 | | | 600 | | 600 | 600 | 520 | | |
| Volume Produzido (metros) | 1.474 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tempo Teórico de Produção (min) | 147 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Volume Refugado (metros) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tempo Teórico de Refugo (min) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 01 - Sem Demanda | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 - Refeição | 60 | | 60 | 60 | | | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | | | 60 | | 60 | 60 | 60 | | |
| 03 - Necessidades Pessoais | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 - Ginástica Laboral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 - Manutenção Preventiva | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 - Manutenção Corretiva | 35 | | | | | | | 45 | | | | | | | | | | | | |
| 07 - Setup | | | | | | | 70 | | 20 | 240 | | | | 123 | | | 40 | 160 | | |
| 08 - Falta de Material | | | | | | | 68 | 65 | 89 | | | | | | | 20 | 30 | 26 | | |
| 09 - Parada por Gestão | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 - Aguardando o PCP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 - Reunião | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 - Retrabalho | | | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 - Abastecimento Bobina | 90 | | 55 | 50 | | | 35 | 40 | 30 | 65 | 50 | | | 50 | | 35 | 85 | | | |
| 14 - Transporte de Peças Prontas | | | | 21 | | | | 12 | 80 | | 13 | | | | | 10 | 10 | | | |
| 15 - Ajuste do Equip. pelo Operador | 40 | | 90 | | | | 25 | | | | | | | 55 | | 170 | | | | |
| Total das Perdas de Processo | 225 | | 245 | 141 | | | 258 | 222 | 279 | 365 | 123 | | | 288 | | 295 | 225 | 246 | | |
| Índice de Disponibilidade | 62,5% | | 59,2% | 72,9% | | | 57,0% | 63,0% | 53,5% | 39,2% | 76,3% | | | 52,0% | | 50,8% | 62,5% | 52,7% | | |
| Índice de Performance | 39,3% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Índice de Qualidade | 100,0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OEE | 24,6% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total das Perdas Não Programadas | 165 | | 185 | 81 | | | 198 | 162 | 219 | 305 | 63 | | | 228 | | 235 | 165 | 186 | | |
| Índice de Disp. Desconsid. Programadas | 72,5% | | 69,2% | 84,4% | | | 67,0% | 73,0% | 63,5% | 49,2% | 87,9% | | | 62,0% | | 60,8% | 72,5% | 64,2% | | |
| OEE (Desconsid. paradas programadas) | 28,5% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Índice de Utilização do Ativo | 26,0% | | 24,7% | 26,3% | | | 23,8% | 26,3% | 22,3% | 16,3% | 27,6% | | | 21,7% | | 21,2% | 26,0% | 19,0% | | |
| Índice de Utilização do Ativo (net) | 10,2% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Próprio autor.

A planilha deve fazer a tabulação dos tempos de paradas totais para cada código de parada, apresentando o total em minutos das paradas por dia e por código e também o acumulado no dia e no mês de cada um dos códigos de paradas, esse tempo deve ser descontado do total de tempo disponível de produção, de acordo com o plano de produção do PCP da empresa, no exemplo, o turno é de 10 horas, iniciando as 06h00minhs com seu término as 16h00minhs, sendo assim, o tempo disponível total de produção diária é de 600 minutos (10hs x 60 minutos), ou seja, nossa máquina está disponível para produzir 600 minutos nesse turno.

Calculando as paradas no exemplo citado, no dia 10 (coluna destacada na cor verde na Tabela 2) obteve-se um total de paradas de 365 minutos, esse resultado indica que dos 600 minutos que a máquina tem de disponibilidade para produzir, nesse dia, mais da metade de sua disponibilidade foi perdida, 365 minutos de paradas. Com base nos apontamentos levantados pelo

documento (Tabela 2) deve ser realizada uma análise estatística para ter a definição de qual parada é a mais relevante no estudo. De acordo com o Apêndice A há quatro grupos de variáveis com seus respectivos subgrupos, discriminados na abordagem da linha de fabricação objeto do estudo do presente trabalho:

- 1) Variáveis de processo:
 - a) Manutenção corretiva;
 - b) *Setup*;
 - c) Retrabalho;
 - d) Ajuste de Equipamento.
- 2) Variáveis de movimentação:
 - a) Transporte de peças prontas;
 - b) Abastecimento de Bobina.
- 3) Variáveis de gestão:
 - a) Falta de Material;
 - b) Parada por Gestão;
 - c) Aguardando o PCP.
- 4) Variáveis Necessárias:
 - a) Refeição;
 - b) Necessidades Pessoais;
 - c) Ginástica Laboral.

De acordo com o exposto, cabe, com o propósito de trabalhos futuros, uma análise mais detalhada dos grupos das variáveis de gestão e de movimentação, não sendo realizado no presente trabalho em função de o objetivo principal do presente projeto de pesquisa ser o estudo das perdas inerentes ao processo de fabricação. Nesse caso, apenas o grupo de variáveis de processo faz parte do escopo do presente trabalho.

No grupo de variáveis de processo o subgrupo: variável de retrabalho deve ser monitorada, embora, de acordo com a Figura 1F (Apêndice F) apresente baixo número de ocorrências no período de tempo em que o apontamento do processo foi realizado até o momento.

A ocorrência de eventos relacionados à variável igual a cinco não é representativa, embora o desvio padrão e a concentração de valores abaixo e acima da mediana, de acordo com a Figura 1C e 2C (Apêndice C), demonstrem a importância de um estudo detalhado do processo, a fim de identificar as causas e a intervenção cabível.

O mesmo foi considerado para o subgrupo: manutenção corretiva, quanto a não fazer parte do escopo de investigação do presente trabalho, que apresenta um desvio padrão a ser

considerado em termos de análise para eventual ajuste e concentração de valores abaixo e acima da mediana, embora uniformemente distribuído em torno da mediana com maior concentração. Do mesmo modo, como os demais grupos e subgrupos não considerados no presente trabalho, a variável de manutenção corretiva requer o desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva por meio das práticas de manutenção do *Lean Manufacturing* inerentes ao TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total), abordagem que também não faz parte do escopo do presente trabalho.

Por fim, em função do valor médio do tempo de *setup* ser maior do que o tempo de ajuste do equipamento, além da concentração dos valores abaixo e acima da mediana ser visivelmente maior para a variável: tempo de *setup*, o subgrupo variável do tempo de *setup* no grupo variável de processo foi selecionado para a primeira etapa de investigação das fontes de perda de tempo da linha de fabricação estudada, como parte consequente da proposta do presente projeto de pesquisa.

No Apêndice D a aplicação do método *Tukey* com base nos grupos apóia a decisão da seleção do subgrupo variável *setup* do grupo de variável processo posicionado no grupo A, podendo ser considerado como o 2ª do *ranking* a partir da média como variável crítica a ser investigada com base nos resultados ANOVA.

Por meio da definição do subgrupo a ser estudado, variável *setup* do grupo de variável processo, o presente trabalho deve buscar o uso de métodos específicos de investigação e intervenção do procedimento de *setup* de modo a corrigir distorções. Partindo do princípio de investigação do método SMED – *Single Minute Exchange of Die*, da separação de *setup* interno e *setup* externo e da movimentação existente quanto ao processo de identificação e seleção de dispositivos e ferramentas de cada etapa do processo, por meio do uso do *Travel Chart*. Com a análise estatística apontando que o *setup* é o item de parada mais relevante no processo, será realizado um estudo de melhoria desse item por intermédio da metodologia SMED. Esse processo tem início com a filmagem do *setup* por completo, desde o encerramento da última peça produzida do lote anterior até a saída da primeira peça produzida dentro das especificações do próximo lote. A Tabela 5 apresenta as atividades apontadas na filmagem de todo o processo, com a separação das atividades em *setup* interno e *setup* externo.

Quadro 3 Atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – situação atual

| Lista de Atividades Realizadas Durante o Setup da Perfiladeira - Situação Atual | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------|--|-----------------------------|----------------------------|---------------|---|-----------------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|
| Número da Atividade | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Atividade (I)nterno ou (E)xterno | E | E | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| Atividades Realizadas Durante o Setup | Solicitar a Bobina | Posicionar a Bobina | Buscar Ferramentas para executar o Setup | Retirada parcial das porcas | Troca do estampo da prensa | Troca da faca | Desparafusar torres e retirada total das porcas | Troca dos rolos | Aaperto dos parafusos | Aaperto das porca | Alinhamento da máquina | Abertura do rolete do alimentador | Abastecimento da bobina | Ajuste da prensa + perfiladeira + alimentador |
| Completo | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Material | X | X | X | | | | | | | | | | X | X |
| Largura | X | X | X | | | | | | | | X | | X | X |
| Comprimento | X | X | X | | | | | | | | | | X | X |
| Espessura | X | X | X | | | | | | | | X | X | X | X |

Fonte: Próprio autor

Como citado anteriormente, o *setup* se divide em cinco tipos distintos (completo, material, largura, comprimento e espessura). A filmagem apresentou 14 atividades distintas dentro do processo de *setup* da máquina, onde as atividades são apresentadas com suas devidas classificações, sendo as atividades 1 (solicitar a bobina) e 2 (posicionar a bobina) trabalhadas como *setup* externo (E) e demais atividades trabalhadas como *setup* interno (I). O Quadro 3 apresenta quais atividades são compostas por cada um dos tipos de *setup*, no *setup* completo, todas as atividades estão presentes, demarcadas com um “X”; no *setup* de material as atividades que compõe esse tipo de *setup* são: 1) solicitar a bobina, 2) posicionar a bobina, 3) Buscar Ferramentas, 13) abastecimento da bobina e 14) Ajuste da prensa + perfiladeira + alimentador todas demarcadas com um “X” e assim sucessivamente para os outros tipos de *setup*. Feito o apontamento das atividades do *setup*, com auxílio da filmagem, o próximo passo é apontar o tempo de duração de cada uma dessas atividades dentro do *setup*. Os devidos tempos são obtidos utilizando-se a mesma filmagem de onde levantamos as atividades do *setup*, a Tabela 3 apresenta esses tempos.

Tabela 3 Tempo em minutos das atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – situação atual

| Lista de Atividades Realizadas Durante o Setup da Perfiladeira - Situação Atual - Em Minutos | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|---------------------|--|-----------------------------|----------------------------|---------------|---|-----------------|----------------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Número da Atividade | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | | |
| Atividade (Interno ou Externo) | E | E | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | | | |
| Atividades Realizadas Durante o Setup | Solicitar a Bobina | Posicionar a Bobina | Buscar Ferramentas para executar o Setup | Retirada parcial das porcas | Troca do estampo da prensa | Troca da faca | Desparafusar torres e retirada total das porcas | Troca dos rolos | Aperto dos parafusos | Aperto das porca | Alinhamento da máquina | Abertura do rolete do alimentador | Abastecimento da bobina | Ajuste da prensa + perfiladeira + alimentador | Tempo Previsto do Setup Externo | Tempo Previsto do Setup Interno | Tempo Previsto Total (Interno + Externo) |
| Completo | 15 | 15 | 15 | 25 | 35 | 15 | 15 | 60 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 50 | 30 | 255 | 285 |
| Material | 15 | 15 | 15 | | | | | | | | | | 10 | 50 | 30 | 75 | 105 |
| Largura | 15 | 15 | 15 | | | | | | | | 5 | | 10 | 50 | 30 | 80 | 110 |
| Comprimento | 15 | 15 | 15 | | | | | | | | | | 10 | 50 | 30 | 75 | 105 |
| Espessura | 15 | 15 | 15 | | | | | | | | 5 | 10 | 10 | 50 | 30 | 90 | 120 |

Fonte: Próprio autor

A Tabela 3 apresenta o mesmo padrão de informações da Quadro 3, contudo essa tabela traz os dados referentes aos tempos de cada uma das 14 atividades apresentadas anteriormente de cada um dos cinco tipos de *setup*. Como exemplo, o *setup* do tipo completo traz na sua atividade 1 (solicitar a bobina) uma duração de 15 minutos nessa atividade, e assim sucessivamente nas demais atividades que compõem o *setup* do tipo completo. Somando-se os tempos de atividades de *setup* externo e interno é obtido um total de 285 minutos para sua realização.

O *setup* de material apresenta um total de 105 minutos, o de largura, 110 minutos, o de comprimento 105 minutos e por fim o de espessura traz 120 minutos de duração para sua realização. Fica evidente que o *setup* do tipo completo é o que apresenta o maior tempo de duração, assim, os esforços para sua redução serão tratados nesse projeto, pois reduzindo o tempo de *setup* do tipo completo, contempla-se também a redução dos outros tipos apresentados. Para buscar a redução do tempo de *setup* do tipo completo, é importante classificar as atividades realizadas durante o mesmo, apontando o que a metodologia SMED apresenta como *setup* interno e *setup* externo, como abordado. A Tabela 4 traz esses apontamentos, assim como outras informações importantes para melhores resultados como, por exemplo, a descrição de todas as atividades consideradas como micro atividade, limitações, tempos de movimentação entre as atividades, entre outros.

Tabela 4 Relação das atividades de *setup* interno e externo e suas devidas micro atividades - antes

| Número da Atividade | Atividade (D)interno ou (E)externo | Atividades Realizadas Durante o Setup | Ferramentas | Descrição das Micro Atividades | Observações e Limitações | Tempo para Executar a Micro Atividade (minutos) | Layout (Pontos demarcados) | Distância em Metros entre os pontos | Tempo de Movimentação (minutos) | Tempo total da Atividade (Micro Atividade + Movimentação) |
|---------------------|------------------------------------|---|---|---|---|---|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | E | Solicitar a Bobina | 1. Cartão de Pedido de Material | 1. Preencher o Cartão com o Material Necessário 2. Entregar o Cartão para o Empilhadeiraista | 1. Necessidade de Localizar o Empilhadeiraista | 15 | F -> J J -> F | 4 | 0,36 | 15 |
| 2 | E | Posicionar a Bobina | 1. Talha | 1. Fixar a Bobina na Talha | 1. A talha não é de uso exclusivo da máquina | 15 | P -> J J -> P | 8 | 1,06 | 16 |
| 3 | I | Buscar as Ferramentas para executar o Setup | 1. Parafusadeira, chave de fenda, trena, chave de boca, chave allen, alicate de pressão, paquímetro | 1. Busca de ferramentas para realização das atividades | 1. As ferramentas estão dispersas em vários pontos da máquina e em prateleiras diversas | 15 | F -> B B -> F | 3,5 | 0,31 | 15 |
| 4 | I | Retirada parcial das porcas | 1. Chave allen | 1. Destruar os parafusos e porcas parcialmente | 1. Parafusadeira elétrica não tem torque suficiente para a atividade | 25 | F -> B B -> F | 3,5 | 0,31 | 25 |
| 5 | I | Troca do estampo da prensa | 1. Carrinho para movimentação do estampo 2. Chave allen | 1. Retirar o estampo da prensa que esta sendo usado 2. Substituir por outro de acordo com o produto a ser fabricado | 1. Carrinho para movimentação do estampo não é adequado para a atividade. | 35 | H -> C C -> H | 11 | 1,24 | 36 |
| 6 | I | Troca da faca da guilhotina | 1. Chave allen | 1. Retirar a faca que esta sendo utilizada 2. Substituir por outra faca de acordo com o produto a ser fabricado | 1. Faca esta acondicionada em local distante da guilhotina | 15 | H -> A A -> H | 2 | 0,19 | 15 |
| 7 | I | Desparafusar torres e retirada total das porcas | 1. Parafusadeira elétrica | 1. Retirar os parafusos e porcas com a parafusadeira elétrica | 1. Parafusadeira elétrica não tem torque suficiente para a | 15 | B -> F F -> B | 3,5 | 0,31 | 15 |
| 8 | I | Troca dos rolos | 1. Realizado manualmente pelos operadores | 1. Retirar os rolos da máquina que estão sendo usados 2. Colocar outros rolos com medidas e especificações para outro produto. | 1. Falta de ferramenta adequada para auxílio na troca dos rolos | 60 | B -> G G -> B | 1,5 | 0,11 | 60 |
| 9 | I | Aperto dos parafusos | 1. Parafusadeira elétrica 2. Chave Allen | 1. Colocar os parafusos e fazer o devido aperto dos mesmos | 1. Parafusadeira elétrica não tem torque suficiente para a atividade | 5 | B -> F F -> B | 3,5 | 0,31 | 5 |
| 10 | I | Aperto das porcas | 1. Parafusadeira elétrica 2. Chave Allen | 1. Colocar as porcas e fazer o devido aperto das mesmas | 1. Parafusadeira elétrica não tem torque suficiente para a atividade | 10 | B -> F F -> B | 3,5 | 0,31 | 10 |
| 11 | I | Alinhamento da máquina | 1. Chave allen 2. Chave de fenda 3. Alicate de pressão | 1. Alinhar os rolos com a chapa de aço na máquina | | 5 | B -> I I -> B | 7 | 1,02 | 6 |
| 12 | I | Abertura do rolete do alimentador | 1 Chave allen | 1. Abrir o rolete do alimentador de aço da prensa para que o aço esteja alinhado no momento de entrar na prensa | | 10 | D -> F F -> D | 4 | 0,36 | 10 |
| 13 | I | Abastecimento da bobina | 1. Talha | 1. Posicionar a bobina de aço na talha para sua movimentação | 1. Talha não é exclusiva da máquina | 10 | E -> P P -> E | 3 | 0,29 | 10 |
| 14 | I | Ajuste da prensa + perfiladeira + alimentador | 1. Chave allen 2. Chave de fenda 3. Alicate de pressão | 1. Ajuste da chapa de aço na prensa 2. Ajuste e alinhamento dos rolos da máquina 3. Ajuste do aço no alimentador da prensa | | 50 | C -> A A -> C | 14 | 1,57 | 52 |
| | | | | | | 285 | | 72 | 8 | 293 |
| | | | | | | 1 | | | 3% | 100% |

fonte: <http://www.convertir-unidades.info/Convertir+Metro+por+minuto+de+Metro+por+segundo.php>

Fonte: Próprio autor

As informações apresentadas nas colunas da Tabela 4 são descritas abaixo:

- Número da Atividade: sequência numérica de cada atividade executada durante o processo de *setup* da máquina;
- Atividade (I) interna ou (E) externa: classificação da atividade em *setup* interno ou *setup* externo;
- Atividades Realizadas Durante o *Setup*: descrição de cada atividade executada durante o processo de *setup* da máquina;
- Ferramentas: descrição de todo o ferramental/documentos que os operadores necessitam para a realização da atividade citada;
- Descrição atividades definidas como micro atividade: mostra a descrição de quais são as atividades consideradas micro, realizadas pelos operadores na atividade citada;
- Observações e limitações: descreve as limitações que a atividade apresenta, em relação à mão de obra, qualificação, ferramentas, etc.;
- Tempo para executar a micro atividade (minutos): apresenta o tempo de duração da atividade definida como micro em minutos coletado através da filmagem do *setup*;
- Layout (pontos demarcados): apresenta os pontos identificados no *layout* da máquina (Figura 13) e seus agregados onde os operadores realizam as movimentações durante o *setup* (exemplo: F->J, operador percorre do ponto F até o ponto J);
- Distância em metros entre os pontos: apresenta a distância em metros entre os pontos percorridos na máquina pelos operadores durante o *setup*;
- Tempo de movimentação (minutos): apresenta o tempo da movimentação que os operadores levam entre um ponto e outro da máquina durante o *setup*;

- Tempo total da atividade (micro atividade + movimentação): apresenta o cálculo do tempo total da coluna atividade que está sendo considerada, como atividade micro, mais a coluna do tempo de movimentação dos operadores.

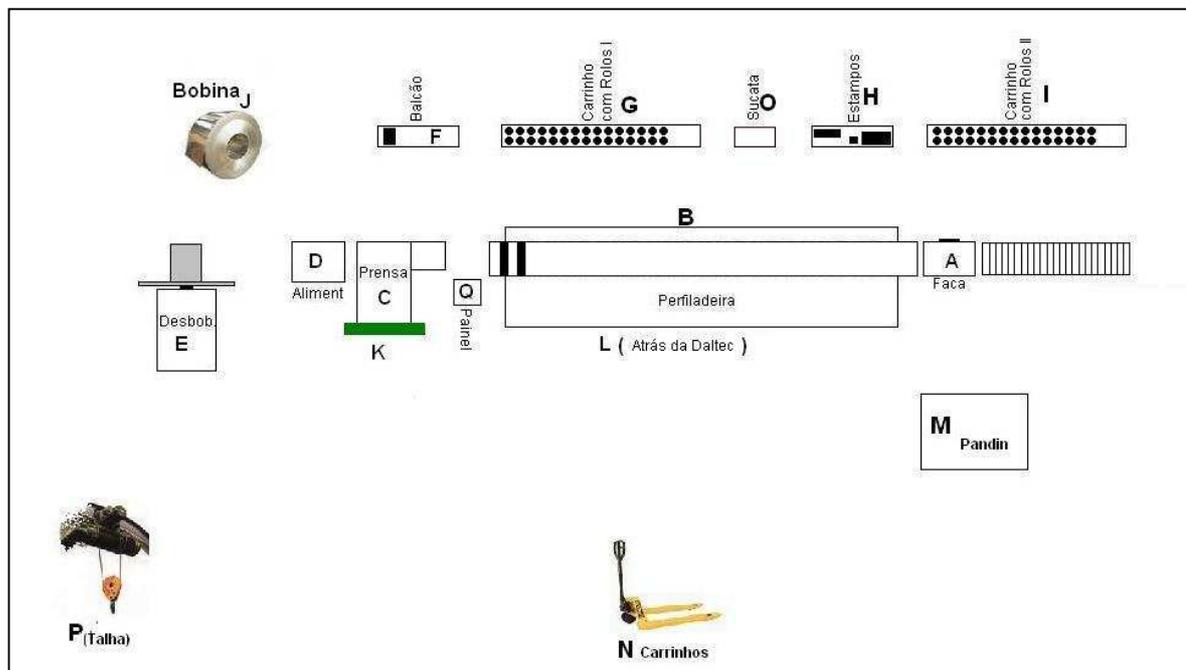
3.2 Análises de movimentação (distância x frequência)

Para a elaboração do estudo de movimentação dos operadores durante o *setup*, a base para levantamento da análise dos dados é a mesma: a filmagem – é na filmagem que todo o estudo do SMED (*Single Minute Exchange of Die*) é estruturado, no caso, o *setup* é realizado por 2 operadores de forma simultânea.

É importante nessa etapa ter em mãos um *layout*, não só da máquina, mas especialmente dos seus agregados (armários, prateleiras, carrinhos, enfim, tudo que faz parte do local onde a máquina está instalada) para facilitar o levantamento dos agregados, utiliza-se novamente a filmagem do *setup*, onde esses itens são apresentados.

Baseado na filmagem do *setup*, foi feito um *layout* da máquina e seus agregados, caso a empresa já tenha esse *layout* preparado, deve ser utilizado pois otimiza o tempo de preparação.

Figura 12 Layout da perfiladeira e seus agregados - antes



Fonte: Empresa objeto do estudo

É importante na preparação do *layout* da máquina (e seus agregados) definir letras em cada um dos agregados que envolvem todo o processo de *setup*, essa classificação é fundamental para poder fazer o estudo das distâncias e frequências realizadas pelos operadores durante o momento do *setup*.

Na Figura 12, são detalhados cada um dos itens classificados de acordo com suas respectivas letras, são eles:

A – FACA: esse dispositivo é responsável pelo corte da coluna após o aço ser perfilado pela máquina.

B – FRONTAL: essa é a parte frontal da máquina de perfilar o aço, que posteriormente se transformará em uma coluna do produto porta palete.

C – PRENSA – esse é o local da prensa, a mesma é utilizada para fazer a furação nas colunas, esses furos servem para posterior montagem do porta paletes.

D – ALIMENTADOR: o alimentador, como diz o nome, é responsável por alimentar a prensa e a perfiladeira, puxando e alinhando a chapa de aço.

E – DESBOBINADOR: o desbobinador é o responsável por alimentar a prensa com a chapa de aço (matéria prima) da coluna e desenrolar o aço que vem do fornecedor em forma de bobina.

F – BALCÃO: no balcão, estão armazenados as ferramentas, documentos, e material de apoio aos operadores para realização do trabalho.

G e I – CARRINHO DE ROLOS (1 e 2): nesses carrinhos estão os rolos de aço que são responsáveis por perfilar a chapa de aço na perfiladeira.

H – ESTAMPOS: os estampos, são as matrizes utilizadas na prensa fazer a furação na chapa de aço para posterior montagem das colunas no porta paletes.

J – BOBINA: local onde a bobina de aço fica armazenada até o momento de seu uso.

L – ATRÁS MÁQUINA: imagem da parte traseira da perfiladeira.

M – PANDIN: perfiladeira utilizada para outro tipo de produto.

N – CARRINHOS: local onde ficam os carrinhos hidráulicos para movimentação de peças e componentes.

O – SUCATA: local onde é armazenada a sucata gerada pela máquina durante o processo produtivo.

P – TALHA: equipamento responsável pela movimentação por elevação da bobina de aço de seu local de armazenagem até o desbobinador da máquina.

Q – PAINEL: painel eletrônico da perfiladeira, equipamento onde estão os controles de funcionamento da mesma.

Observando a filmagem e com base nas 14 atividades apresentadas no Quadro 3, é estruturada uma planilha (Tabela 5) onde são apresentadas as distâncias e as frequências em metros de cada uma das atividades existentes durante a execução do *setup*, atividades essas que são separadas de acordo com o que cada operador faz no momento da realização de suas atividades.

Tabela 5 Estudo de frequência entre atividades – operador 1 antes

| | | Frequencia | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 6 | 3 | | | 3 | | 2 | | | | | | | | | |
| B | 6 | X | 5 | 3 | | 4 | 2 | 3 | | | | | | 1 | | | |
| C | 1 | 4 | X | 1 | 2 | 2 | | 2 | | | 5 | | | | | | 3 |
| D | | 3 | 3 | X | | 2 | | | 1 | | 2 | | | | | | |
| E | 1 | | 1 | | X | 1 | | | | | | | | | | | |
| F | 2 | 7 | 2 | 1 | 1 | X | | | | | | | | | | | |
| G | | 2 | | | | | X | 1 | | | | | | | | | |
| H | 2 | 3 | 1 | | | 1 | | X | | | | | | | | | |
| I | 1 | 2 | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | 1 | | 1 | 2 | 1 | | | | | X | | | | | | | |
| K | | 2 | 4 | 3 | | 1 | | | | | X | | | | | | 1 |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 1 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | X | |
| Q | | | 4 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

É desse ponto em diante que o trabalho conta com o apoio em relação à metodologia SMED, aqui, utiliza-se o *Travel Chart* para fazer o estudo de frequência e distância dos pontos

onde os operadores utilizam-se para realizar o processo de *setup*. Com o *Travel Chart* foi montado, por meio da filmagem do *setup*, um levantamento de dados fundamental para poder diminuir consideravelmente o tempo de *setup* de qualquer atividade com um investimento relativamente baixo. Tendo em vista que boa parte das perdas de tempo em um *setup* estão relacionadas com a frequência e distâncias entre as atividades.

É importante destacar que o *Travel Chart* deve ser aplicado individualmente entre os operadores envolvidos no *setup*, no presente caso são dois operadores, desta forma a metodologia será aplicada separadamente para as atividades realizadas por cada um deles durante o processo. Novamente, essa separação é realizada baseando-se na filmagem do processo realizada anteriormente, os estudos das distâncias entre atividades devem ser calculados utilizando como unidade de medida, o metro. Para os estudos de frequência entre atividades a análise deve se basear assintindo a filmagem do *setup*, ambos os casos serão descritos a seguir.

A primeira etapa do *Travel Chart* é o levantamento das frequências entre os pontos apresentados, ou seja, quantas vezes o operador vai de determinado ponto a outro da máquina durante o *setup*, utilizando o *layout* da mesma (Figura 13). Para a realização dessa etapa basta analisar a filmagem do *setup* e fazer a contagem das frequências realizadas de acordo com cada ponto.

Como dito anteriormente devemos preparar o *Travel Chart* para cada um dos operadores envolvidos, para exemplificar, o operador 1 sai do ponto A e vai para o B, a frequência entre esses pontos é de 6 vezes, na prática, o operador 1 durante o processo de *setup* se movimenta 6 vezes entre esses dois pontos, conforme apresentado na Tabela 8. Assim, para chegar à frequência de 1 vez entre o ponto A e o ponto C (Tabela 5) aplicamos a mesma sistemática analisando a filmagem e fazendo a contagem de frequências (quantidade de vezes) que o operador 1 se movimentou entre os pontos e assim por diante.

Realizada a primeira etapa do *Travel Chart*, partimos para a segunda etapa que consiste no levantamento da distância em metros de cada um dos pontos levantados na etapa anterior. Nessa etapa, iremos multiplicar a frequência (quantidade de vezes que o operador 1 vai de um ponto a outro) pela distância em metros entre os pontos apresentados no *layout*, conforme Tabela 6.

Tabela 6 Estudo de distância entre atividades – operador 1 antes

| | | Distancia em metros | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|---------------------|----|---|---|-----|-----|----|----|---|---|---|---|----|---|---|---|--|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | |
| A | X | 9,5 | 14 | | | 11 | | 2 | | | | | | | | | | |
| B | 6 | X | 7 | 8 | | 3,5 | 1,5 | 6 | | | | | | 30 | | | | |
| C | 14 | 7 | X | 1 | 3 | 2 | | 11 | | | 3 | | | | | | 3 | |
| D | | 10 | 1 | X | | 2 | | | 20 | | 2 | | | | | | | |
| E | 11 | | 5 | | X | 7 | | | | | | | | | | | | |
| F | 11 | 6 | 4 | 5 | 8 | X | | | | | | | | | | | | |
| G | | 1,5 | | | | | X | 6 | | | | | | | | | | |
| H | 1 | 5 | 15 | | | 10 | | X | | | | | | | | | | |
| I | 4 | 9 | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| J | 20 | | 7 | 6 | 4 | | | | | X | | | | | | | | |
| K | | 9,5 | 2 | 4 | | 5 | | | | | X | | | | | | 3 | |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| N | 13 | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| P | | | | | | | | | | 8 | 7 | | | | | X | | |
| Q | | | 4 | | | 3 | | | | | 4 | | | | | | X | |

Fonte: Próprio autor.

Para realização dessa etapa, foi obtida a distância em metros de cada um dos pontos fazendo a medição no local da máquina com o auxílio de uma trena, em metros.

Utilizando o mesmo exemplo da primeira etapa, mas agora fazendo a contagem em metros, já que trata-se dos dados por distância entre pontos, a distância que o operador 1 percorre entre o ponto A para o ponto B é de 9,5 metros, aferidos com o auxílio de uma trena e sendo medido no próprio posto de trabalho (*layout* Figura 13) a distância entre o ponto A e o ponto C é de 14 metros e assim por diante.

Na terceira etapa do *Travel Chart* iremos tratar dos dados da “distância percorrida” pelo operador 1 no momento do *setup*, ou seja, será feita a multiplicação da frequência de vezes que o operador percorre de determinado ponto a outro pela distância em metros de cada um dos pontos, conforme demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 1 antes

| | | DISTÂNCIA PERCORRIDA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|----------------------|----|----|---|----|---|----|----|---|----|---|---|----|---|---|---|--|
| PARA \ DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | |
| A | X | 57 | 42 | | | 33 | | 4 | | | | | | | | | | |
| B | 36 | X | 35 | 24 | | 14 | 3 | 18 | | | | | | 30 | | | | |
| C | 14 | 28 | X | 1 | 6 | 4 | | 22 | | | 15 | | | | | | 9 | |
| D | | 30 | 3 | X | | 4 | | | 20 | | 4 | | | | | | | |
| E | 11 | | 5 | | X | 7 | | | | | | | | | | | | |
| F | 22 | 42 | 8 | 5 | 8 | X | | | | | | | | | | | | |
| G | | 3 | | | | | X | 6 | | | | | | | | | | |
| H | 2 | 15 | 15 | | | 10 | | X | | | | | | | | | | |
| I | 4 | 18 | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| J | 20 | | 7 | 12 | 4 | | | | | X | | | | | | | | |
| K | | 19 | 8 | 12 | | 5 | | | | | X | | | | | | 3 | |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| N | 13 | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| P | | | | | | | | | | 8 | 7 | | | | | X | | |
| Q | | | 16 | | | 3 | | | | | 4 | | | | | | X | |

Fonte: Próprio autor.

Com a ajuda do *Travel Chart* apresentado na Tabela 5, calculamos a quantidade de vezes (Tabela 7) que o operador se movimenta entre os pontos apresentados na Figura 12 (*layout*) pela distância existente entre os mesmos apresentados na Tabela 6. Seguindo o mesmo exemplo aplicado anteriormente, o operador 1 sai do ponto A e vai para o ponto B durante o *setup* 6 vezes (Tabela 5) e do ponto A para o ponto C outras 3 vezes (Tabela 5), em relação à distância entre esses pontos temos que do ponto A para o ponto B a distância é de 9,5 metros (Tabela 6) e do ponto A para o ponto C a distância é de 14 metros (Tabela 6).

Aplicando a metodologia na Tabela 7, o valor entre a distância percorrida total ponto A ao ponto B é de 57 metros (frequência 6 x 9,5 metros) e do ponto A ao ponto C é de 42 metros (frequência 3 x 14 metros). Esses resultados estão destacados em vermelho na Tabela 7 para melhor entendimento, aplicando essa fórmula aos demais pontos apontados (A até Q) teremos como resultado que o operador 1 percorre 778 metros durante cada realização de um *setup* do tipo completo.

Utilizando a mesma base de dados, foi feita a análise da *distância x frequência* percorrida em metros pelo operador 1, como o SMED prioriza a redução de tempo do *setup* em minutos, a Tabela 8 traz os dados das movimentações em minutos.

Tabela 8 Estudo de tempo entre as atividades em segundos – operador 1 antes

| TEMPO ENTRE AS ATIVIDADES EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|---|---|----|---|---|----|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 27 | 34 | | | 39 | | 4 | | | | | | | | | |
| B | 22 | X | 18 | 21 | | 31 | 3 | 13 | | | | | | 48 | | | |
| C | 29 | 23 | X | 2 | 6 | 39 | | 37 | | | 3 | | | | | | 44 |
| D | | 18 | 2 | X | | 4 | | | 35 | | 4 | | | | | | |
| E | 23 | | 1 | | X | 15 | | | | | | | | | | | |
| F | 23 | 13 | 8 | 1 | 17 | X | | | | | | | | | | | |
| G | | 3 | | | | | X | 13 | | | | | | | | | |
| H | 2 | 1 | 31 | | | 21 | | X | | | | | | | | | |
| I | 8 | 19 | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | 42 | | 15 | 13 | 8 | | | | | X | | | | | | | |
| K | | 2 | 4 | 8 | | 1 | | | | | X | | | | | | 6 |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 27 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | 17 | 15 | | | | | X | |
| Q | | | 8 | | | 6 | | | | | 8 | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

A filmagem continua sendo a base para o apontamento dos dados, para o levantamento dos tempos entre as atividades basta assistir o vídeo e verificar o tempo que o operador leva de um determinado ponto a outro. No estudo, o tempo apontado deve ser somente referente à distância entre os pontos, não deve ser considerado nesse apontamento o tempo que o operador leva para realizar a atividade.

Na Tabela 8 o operador 1 leva 27 segundos para sair do ponto A e ir para o ponto B (vice-versa) e do ponto A para o ponto C é apontado 29 segundos (vice-versa). Como na realização das atividades os operadores percorrem pontos iguais por mais de uma vez, é necessário fazer a multiplicação desse tempo pela quantidade de vezes que o operador 1 se movimenta entre as atividades, a Tabela 9 traz esses tempos.

Tabela 9 Estudo do tempo total de deslocamento em segundos – operador 1 antes

| TEMPO TOTAL DE DESLOCAMENTO EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|----|----|-----|---|----|----|----|----|---|---|----|---|---|-----|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 162 | 102 | | | 117 | | 8 | | | | | | | | | |
| B | 132 | X | 90 | 63 | | 124 | 6 | 39 | | | | | | 48 | | | |
| C | 29 | 92 | X | 2 | 12 | 78 | | 74 | | | 15 | | | | | | 132 |
| D | | 54 | 6 | X | | 8 | | | 35 | | 8 | | | | | | |
| E | 23 | | 1 | | X | 15 | | | | | | | | | | | |
| F | 46 | 91 | 16 | 1 | 17 | X | | | | | | | | | | | |
| G | | 6 | | | | | X | 13 | | | | | | | | | |
| H | 4 | 3 | 31 | | | 21 | | X | | | | | | | | | |
| I | 8 | 38 | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | 42 | | 15 | 26 | 8 | | | | | X | | | | | | | |
| K | | 4 | 16 | 24 | | 1 | | | | | X | | | | | | 6 |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 27 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | 17 | 15 | | | | | X | |
| Q | | | 32 | | | 6 | | | | | 8 | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 9 apresenta os tempos totais de deslocamentos entre as atividades, os dados são o resultado da multiplicação dos dados da Tabela 5 (estudo de frequência de atividades) pelos dados da Tabela 8 (estudo de tempo entre as atividades em minutos).

O tempo de deslocamento total entre as atividades A e B, por exemplo, é de 162 segundos, e assim por diante os tempos são apresentados, totalizando um tempo total de deslocamento pelo operador 1 durante o *setup* do tipo completo de 2.017 segundos, ou aproximadamente 33 minutos.

O resultado de quanto o operador 1 percorre cada vez que realiza um *setup* do tipo completo é expressivo, contudo não devemos nos limitar somente em um operador. Como dito anteriormente, há necessidade de se avaliar todos os operadores envolvidos na realização da tarefa, sendo assim, descreve-se a mesma sistemática em relação ao operador 2, conforme a Tabela 10.

Tabela 10 Estudo de frequência entre atividades – operador 2 antes

| | | Frequencia | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|------------|----|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 9 | 5 | | | 11 | 1 | 4 | 2 | | 2 | | 1 | 1 | | | |
| B | 5 | X | 13 | | | 6 | | | | | | | | | | | 4 |
| C | 4 | 8 | X | 3 | 1 | 12 | | 3 | | 1 | 2 | | | 2 | | | 3 |
| D | 1 | | 1 | X | | 2 | | | | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | |
| E | 1 | | 1 | 1 | X | 2 | | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 |
| F | 10 | 2 | 3 | | | X | | | 1 | | 2 | 1 | | | | | 1 |
| G | 1 | | 1 | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 4 | | 4 | | | | | X | | | | | | | | | |
| I | 1 | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | 1 | | 3 | | | | | X | | | | | | | 1 |
| K | 1 | | 2 | 3 | | 1 | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | 1 | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 1 | | 3 | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | 1 | | | | | | X | |
| Q | 3 | 3 | 4 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Continuando na aplicação do *Travel Chart* para o operador 2, para efeito de exemplo, temos que a frequência que operador 2 vai do ponto A para o ponto B é de 9 vezes e do ponto A para o ponto F é de 11 vezes e assim por diante. Lembrando que esses dados são coletados analisando a filmagem do *setup*, fazendo a ligação dos pontos elaborados e classificados de acordo com o *layout* apresentado na Figura 12.

Na Tabela 10, temos a frequência (quantidade de vezes) que o operador 2 se movimenta entre os pontos, necessitamos agora saber a distância que o operador 2 percorre entre os pontos, para isso, analisamos a Tabela 11.

Tabela 11 Estudo de distância entre atividades – operador 2 antes

| | | Distancia em metros | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------------|----|----|---|-----|---|----|----|----|----|---|-----|----|---|----|----|
| DE \ PARA | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 9,5 | 14 | | | 11 | 7 | 2 | 2 | | 14 | | 2,5 | 13 | | | |
| B | 6 | X | 7 | | | 3,5 | | | | | | | | | | | 6 |
| C | 14 | 7 | X | 1 | 3 | 2 | | 11 | | 6 | 3 | | | 18 | | | 3 |
| D | 15 | | 1 | X | | 4 | | | | 4 | 2 | | | 17 | | 11 | |
| E | 18 | | 4 | 3 | X | 7 | | 17 | | 2 | 6 | | | 30 | | | 4 |
| F | 11 | 6 | 4 | | | X | | | 15 | | 7 | 7 | | | | | 3 |
| G | 7,5 | | 7 | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 1 | | 15 | | | | | X | | | | | | | | | |
| I | 4 | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | 7 | | 4 | | | | | X | | | | | | | 10 |
| K | 14 | | 2 | 4 | | 5 | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | 11 | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 13 | | 18 | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | 8 | | | | | | X | |
| Q | 11 | 8 | 4 | 6 | | | | | | 10 | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 11 é apontado que a distância entre o ponto A para o ponto B é de 9,5 metros e a distância do ponto A para o ponto F é de 11 metros, lembrando que estamos dando continuidade no mesmo exemplo apontado no estudo da frequência. Importante ressaltar que para chegarmos nos dados apresentados na Tabela 7 essas medidas são levantadas com o auxílio de uma trena, medindo-se no local de trabalho as distâncias entre os pontos apontados no *layout* da Figura 12.

Para concluir, a distância total percorrida pelo operador 2 durante o *setup*, apresentamos na Tabela 12 a terceira e última etapa do *Travel Chart*.

Tabela 12 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 2 antes

| | | DISTÂNCIA PERCORRIDA | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|----------------------|----|----|----|-----|---|----|----|----|----|---|-----|----|---|----|----|
| DE \ PARA | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 85,5 | 70 | | | 121 | 7 | 8 | 4 | | 28 | | 2,5 | 13 | | | |
| B | 30 | X | 91 | | | 21 | | | | | | | | | | | 24 |
| C | 56 | 56 | X | 3 | 3 | 24 | | 33 | | 6 | 6 | | | 36 | | | 9 |
| D | 15 | | 1 | X | | 8 | | | | 4 | 2 | | | 17 | | 11 | |
| E | 18 | | 4 | 3 | X | 14 | | 17 | | 2 | 6 | | | 30 | | | 4 |
| F | 110 | 12 | 12 | | | X | | | 15 | | 14 | 7 | | | | | 3 |
| G | 7,5 | | 7 | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 4 | | 60 | | | | | X | | | | | | | | | |
| I | 4 | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | 7 | | 12 | | | | | X | | | | | | | 10 |
| K | 14 | | 4 | 12 | | 5 | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | 11 | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 13 | | 54 | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Q | 33 | 24 | 16 | 6 | | | | | | 10 | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 12 é apresentado o resultado dos cálculos entre a frequência e a distância percorrida pelo operador 2 em todos os pontos (A até Q) apontados na filmagem do *setup*.

Continuando com nosso exemplo, o operador 2 percorre a distância de 85,5 metros entre o ponto A e o ponto B (frequência 9 x 9,5 metros) apresentados nas Tabelas 10 e 11 respectivamente, e a distância percorrida entre o ponto A e o ponto F é de 121 metros (frequência 11 x 11 metros) esses valores estão apresentados na Tabela 12 destacados em vermelho para melhor entendimento.

O resultado afinal apresentado na Tabela 12 é que o operador 2 percorre a distância total de 1.388 metros durante cada realização de um *setup* do tipo completo.

Assim como no caso do operador 1, a próxima etapa é o cálculo dos tempos entre as atividades realizadas pelo operador 2, a Tabela 13, traz esses tempos.

Tabela 13 Estudo de tempo entre as atividades em segundos – operador 2 antes

| TEMPO ENTRE AS ATIVIDADES EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----|----|----|---|---|----|---|----|-----|---|-----|---|---|----|---|---|----|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 24 | 15 | | | 16 | 6 | 11 | | | 13 | | 2 | 5 | | | |
| B | 22 | X | 13 | | | 7 | | | | | | | | | | | 2 |
| C | 12 | 6 | X | 2 | 4 | 3 | | 9 | | 6 | 1 | | | 11 | | | 12 |
| D | 12 | | 2 | X | | 3 | | | | 5 | 9 | | | 13 | | 8 | |
| E | 11 | | 4 | 5 | X | 6 | | 11 | | 4 | 3 | | | 12 | | | 11 |
| F | 9 | 5 | 3 | | | X | | | 0,5 | | 0,8 | | | | | | 3 |
| G | 7 | | 5 | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 2 | | 4 | | | | | X | | | | | | | | | |
| I | 4 | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | 3 | | 2 | | | | | X | | | | | | | 5 |
| K | 5 | | 2 | 3 | | 4 | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | 3 | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 5 | | 7 | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | 7 | | | | | | X | |
| Q | 2 | 3 | 2 | 5 | | | | | | 4 | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Com os apontamentos dos tempos coletados na filmagem, a Tabela 13 traz os tempos de movimentação entre as atividades, a Tabela 14, irá trazer a totalidade desses tempos. A Tabela 14 traz o resultado da multiplicação dos dados da Tabela 10 (estudo de frequência entre atividades) com os tempos apontados na Tabela 13, sendo que como exemplo o tempo de deslocamento do operador 2 entre as atividades A e B é de 216 segundos e assim por diante com os demais cálculos das outras atividades.

No caso do operador 2, o tempo total de deslocamento entre as atividades durante o *setup* do tipo completo é de 1.500 segundos, ou 25 minutos. Para efeito de entendimento e visualização mais simples dessa operação é criado o *Travel Chart* propriamente dito, essa etapa é fundamental para o entendimento do projeto e seu futuro aprimoramento. O *Travel Chart* é um gráfico para visualização do estudo de movimentação e frequência, ele demonstra, de forma visual e direta aos envolvidos no projeto, a atual situação da quantidade de movimentações que o operador faz durante o *setup*.

Essa imagem serve como referência para as posteriores melhorias que serão implementadas no futuro, sua importância é fundamental, pois por meio desse gráfico fica evidente a necessidade de melhorias no *layout* e nas atividades envolvidas no processo de *setup*.

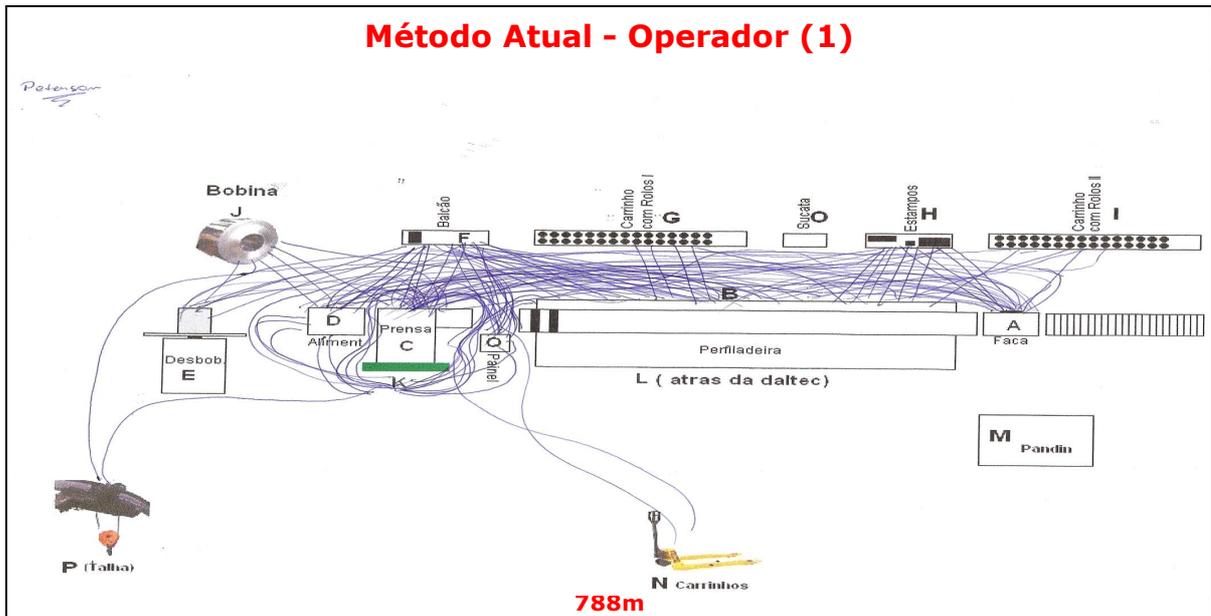
Tabela 14 Estudo do tempo total de deslocamento em segundos – operador 2 antes

| TEMPO TOTAL DE DESLOCAMENTO EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|---|---|-----|---|----|-----|---|-----|---|---|----|---|---|----|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 216 | 75 | | | 176 | 6 | 44 | | | 26 | | 2 | 5 | | | |
| B | 110 | X | 169 | | | 42 | | | | | | | | | | | 8 |
| C | 48 | 48 | X | 6 | 4 | 36 | | 27 | | 6 | 2 | | | 22 | | | 36 |
| D | 12 | | 2 | X | | 6 | | | | 5 | 9 | | | 13 | | 8 | |
| E | 11 | | 4 | 5 | X | 12 | | 11 | | 4 | 3 | | | 12 | | | 11 |
| F | 90 | 10 | 9 | | | X | | | 0,5 | | 1,6 | | | | | | 3 |
| G | 7 | | 5 | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 8 | | 16 | | | | | X | | | | | | | | | |
| I | 4 | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | 3 | | 6 | | | | | X | | | | | | | 5 |
| K | 5 | | 4 | 9 | | 4 | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | 3 | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | 5 | | 21 | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | 7 | | | | | | X | |
| Q | 6 | 9 | 8 | 5 | | | | | | 4 | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

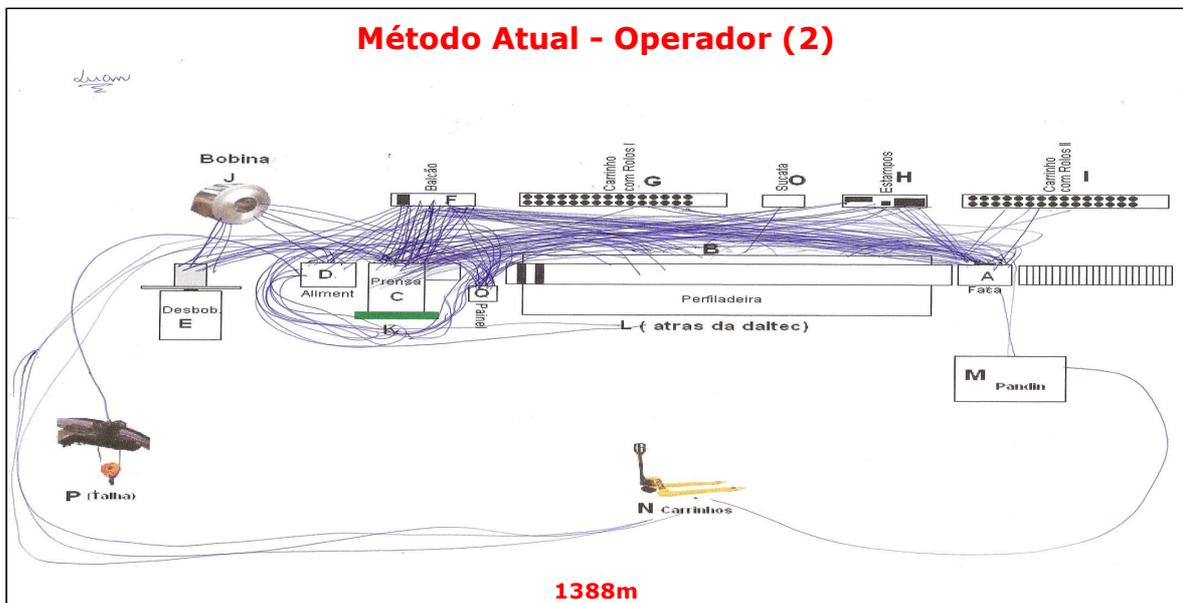
Para a construção do mesmo, deve-se utilizar como base o mesmo *layout* apresentado no caso do estudo da Figura 12, como no caso apresentado, o processo é realizado por dois operadores. Existe a necessidade de se ter um *Travel Chart* para cada um dos envolvidos, as Figuras 13 e 14 apresentam o *Travel Chart* dos 2 operadores.

Figura 13 Gráfico de movimentação atual – operador 1 antes



Fonte: Próprio autor.

Figura 14 Gráfico de movimentação atual – operador 2 antes



Fonte: Próprio autor.

O *Travel Chart* deve ser elaborado de forma manual, para dar destaque à quantidade e a frequência visual das atividades desenvolvidas pelos operadores durante o *setup* do tipo completo. Seu preenchimento é realizado marcando-se a quantidade de vezes que o operador vai de determinado ponto a outro dentro do *layout* da máquina e seus agregados durante o *setup*. Seguindo o exemplo, tem-se a frequência que operador 2 vai do ponto A para o ponto B é de 9 vezes e do ponto A para o ponto F é de 11, no *Travel Chart* deve-se aplicar a metodologia

marcando-se com o auxílio de uma caneta a quantidade de vezes que o operador 2 faz suas atividades. Ou seja, como ele vai do ponto A para o ponto B 9 vezes, no *Travel Chart* marcamos 9 vezes a ligação entre esses pontos e assim sucessivamente para as demais combinações apontadas no projeto e para cada um dos operadores envolvidos. Com a demonstração gráfica apresentada pelo *Travel Chart* fica evidente que a movimentação de ambos os operadores devem e podem ser melhoradas, o impacto visual é muito forte é aconselhado que o *Travel Chart* esteja visível no posto de trabalho para incentivar os envolvidos no projeto à desenvolver ideias para as futuras melhorias. É importante ressaltar que nesse projeto o foco é a redução de tempo de *setup*, no projeto não focar-se-ão melhorias ergonômicas, que posteriormente podem ser estudadas.

4. Resultados

4.1 Resultados com o SMED

Com a implantação do SMED juntamente com o apoio do *Travel Chart*, resultados obtidos com as melhorias implementadas serão descritos a partir dessa seção. A Tabela 15 apresenta as atividades que foram convertidas de *setup* interno para *setup* externo.

Tabela 15 Atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – depois

| Lista de Atividades Realizadas Durante o Setup da Perfiladeira - Situação Futuro | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|---------------------|--|-----------------------------|----------------------------|---------------|---|-----------------|----------------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|
| Número da Atividade | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Atividade (I)nterno ou (E)xterno | E | E | E | E | I | I | I | I | I | I | I | I | E | I |
| Atividades Realizadas Durante o Setup | Solicitar a Bobina | Posicionar a Bobina | Buscaras Ferramentas para executar o Setup | Retirada parcial das porcas | Troca do estampo da prensa | Troca da faca | Desparafusar torres e retirada total das porcas | Troca dos rolos | Aperto dos parafusos | Aperto das porca | Alinhamento da máquina | Abertura do rolete do alimentador | Abastecimento da bobina | Ajuste da prensa + perfiladeira + alimentador |
| Completo | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Material | X | X | X | | | | | | | | | | X | X |
| Largura | X | X | X | | | | | | | | X | | X | X |
| Comprimento | X | X | X | | | | | | | | | | X | X |
| Espessura | X | X | X | | | | | | | | X | X | X | X |

Fonte:

Fonte: Próprio autor.

As 14 atividades durante o *setup* do tipo completo não tiveram sua redução, continuam sendo as mesmas atividades. Contudo, algumas delas foram passadas para serem realizadas durante o *setup* externo, ou seja, enquanto a máquina está produzindo, os operadores podem preparar o pré *setup* da máquina.

As atividades 3, 4 e 13 que antes eram realizadas no *setup* interno, ou seja, só tinham seu início no momento em que a máquina deixava de produzir, agora são realizadas externamente, com isso, seus tempos de execução diminuem drasticamente e no caso das atividades 1 e 3 eles são eliminados por completo. A Tabela 16 traz os dados referentes aos novos tempos após as melhorias.

Tabela 16 Tempo em minutos das atividades realizadas durante o setup da perfiladeira – depois

| Lista de Atividades Realizadas Durante o Setup da Perfiladeira - Situação Futuro - Em Minutos | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------|---|-----------------------------|----------------------------|---------------|---|-----------------|----------------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Número da Atividade | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | | |
| Atividade (Interno ou Externo) | E | E | E | E | I | I | I | I | I | I | I | I | E | I | | | |
| Atividades Realizadas Durante o Setup | Solicitar a Bobina | Posicionar a Bobina | Buscar as Ferramentas para executar o Setup | Retirada parcial das porcas | Troca do estampo da prensa | Troca da faca | Desparafusar torres e retirada total das porcas | Troca dos rolos | Aperto dos parafusos | Aperto das porca | Alinhamento da máquina | Abertura do rolete do alimentador | Abastecimento da bobina | Ajuste da prensa + perfiladeira + alimentador | Tempo Previsto do Setup Externo | Tempo Previsto do Setup Interno | Tempo Previsto Total (Interno + Externo) |
| Completo | 0 | 5 | 0 | 10 | 28 | 10 | 10 | 50 | 5 | 10 | 5 | 8 | 10 | 35 | 5 | 181 | 186 |
| Material | 0 | 5 | 0 | | | | | | | | | | | 35 | 5 | 35 | 40 |
| Largura | 0 | 5 | 0 | | | | | | | | 5 | | | 35 | 5 | 40 | 45 |
| Comprimento | 0 | 5 | 0 | | | | | | | | | | | 35 | 5 | 35 | 40 |
| Espessura | 0 | 5 | 0 | | | | | | | | 5 | 8 | 10 | 35 | 5 | 58 | 63 |

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 16 traz o resultado dos novos tempos das atividades realizadas durante o *setup* do tipo completo, as atividades 1 e 3 deixaram de ter perda de tempo para sua execução, a atividade 2 foi reduzida de 15 para 5 minutos, e a atividade 14 teve um dos melhores tempos de redução, especialmente porque essa atividade interfere em todos os tipos de *setups* executados. Assim como as atividades 1, 2 e 3, teve uma redução de 50 minutos para atuais 35 minutos. Sendo assim, o *setup* do tipo completo passou de 285 minutos para 186 minutos, uma redução de 65% do tempo de execução.

As melhorias implementadas para obtenção dessa diminuição de tempo são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 Relação das atividades de *setup* interno e externo e suas devidas micro atividades - depois

| Procedimento de Setup da Perfiladeira | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|--|---|----------------------------|---------------------|-----------------------|---|
| Número da Atividade | Atividade (O)nterno ou (E)xterno | Atividades Realizadas Durante o Setup | Ferramentas | Descrição das Micro Atividades | Melhorias na atividade | Tempo para Executar a Micro Atividade (minutos) | Layout (Pontos demarcados) | Distância em Metros | Tempo de Movimentação | Tempo total da Atividade (Micro Atividade + Movimentação) |
| 1 | E | Solicitar a Bobina | 1. Cartão de Pedido de Material | 1. Preencher o Cartão com o Material Necessário 2. O cartão é entregue ao operador de empilhadeira pelo líder da linha | 1. A entrega do cartão solicitando material não é mais responsabilidade dos operadores | 0 | | 0 | 0 | 0 |
| 2 | E | Posicionar a Bobina | 1. Talha | 1. Fixar a Bobina na Talha | 1. Aquisição de um carrinho de movimentação exclusivo para posicionar a bobina de aço na máquina. | 5 | | 0 | 0 | 5 |
| 3 | E | Buscaras Ferramentas para executar o Setup | 1. Parafusadeira, chave de fenda, trena, chave de boca, chave allen, alicate de pressão, paquímetro | 1. Ferramentas estão dispostas nos locais das atividades | 1. Aquisição de novas ferramentas exclusivas para cada atividade | 0 | | 0 | 0 | 0 |
| 4 | E | Retirada parcial das porcas | 1. Chave allen | 1. Destravar os parafusos e porcas parcialmente | 1. Aquisição de uma nova parafusadeira pneumática com capacidade total de torque para a atividade | 10 | | 0 | 0 | 10 |
| 5 | I | Troca do estampo da prensa | 1. Carrinho para movimentação do estampo 2. Chave allen | 1. Retirar o estampo da prensa que esta sendo usado 2. Substituir por outro de acordo com o produto a ser fabricado | 1. Aquisição de um carrinho de movimentação adequado para a atividade com mesa de esferas para movimentação do estampo. | 28 | H -> C C -> H | 11 | 0,50 | 29 |
| 6 | I | Troca da faca da guilhotina | 1. Chave allen | 1. Retirar a faca que esta sendo utilizada 2. Substituir por outra faca de acordo com o produto a ser fabricado | 1. Facas foram alocadas ao lado da guilhotina | 10 | H -> A A -> H | 1 | 0,11 | 10 |
| 7 | I | Desparafusar torres e retirada total das porcas | 1. Parafusadeira elétrica | 1. Retirar os parafusos e porcas com a parafusadeira pneumática | 1. Aquisição de uma nova parafusadeira pneumática com capacidade total de torque para a atividade | 10 | | 0 | 0 | 10 |
| 8 | I | Troca dos rolos | 1. Realizado manualmente pelos operadores | 1. Retirar os rolos da máquina que estão sendo usados 2. Colocar outros rolos com medidas e especificações para outro produto. | 1. Aquisição de ferramenta adequada para auxílio na troca dos rolos não é viável economicamente | 50 | B -> G G -> B | 1,5 | 0,11 | 50 |
| 9 | I | Aperto dos parafusos | 1. Parafusadeira elétrica 2. Chave Allen | 1. Colocar os parafusos e fazer o devido aperto dos mesmos | 1. Aquisição de uma nova parafusadeira pneumática com capacidade total de torque para a atividade | 5 | | 0 | 0 | 5 |
| 10 | I | Aperto das porca | 1. Parafusadeira elétrica 2. Chave Allen | 1. Colocar as porcas e fazer o devido aperto das mesmas | 1. Aquisição de uma nova parafusadeira pneumática com capacidade total de torque para a atividade | 10 | | 0 | 0 | 10 |
| 11 | I | Alinhamento da máquina | 1. Chave allen 2. Chave de fenda 3. Alicata de pressão | 1. Alinhar os rolos com a chapa de aço na máquina | | 5 | B -> I I -> B | 7 | 1,02 | 6 |
| 12 | I | Abertura do rolete do alimentador | 1. Chave allen | 1. Abrir o rolete do alimentador de aço da prensa para que o aço esteja alinhado no momento de entrar na prensa | | 8 | D -> F F -> D | 4 | 0,36 | 8 |
| 13 | E | Abastecimento da bobina | 1. Talha | 1. Posicionar a bobina de aço na talha para sua movimentação | 1. Aquisição de um carrinho de movimentação exclusivo para posicionar a bobina de aço na máquina. | 10 | | 0 | 0 | 10 |
| 14 | I | Ajuste da prensa + perfiladeira + alimentador | 1. Chave allen 2. Chave de fenda 3. Alicata de pressão | 1. Ajuste da chapa de aço na prensa 2. Ajuste e alinhamento dos rolos da máquina 3. Ajuste do aço no alimentador da prensa | 1. Ferramentas disponíveis no local da atividade. 2. Manutenção preventiva na prensa 3. Manutenção preventiva no alimentador | 35 | C -> A A -> C | 14 | 1,57 | 37 |
| | | | | | | 186 | | 39 | 4 | 190 |
| | | | | | | 98% | | | 2% | 100% |

fonte: <http://www.converter-unidades.info/Converter+Metro+por+minuto+de+Metro+por+segundo.php>

Fonte: próprio autor

A Tabela 17 é o resultado das melhorias desenvolvidas com a aplicação do SMED nas 14 atividades que são realizadas ao longo do *setup* do tipo completo.

A Tabela 17 é o resultado do que foi apontado anteriormente na Tabela 4, citando como exemplo a atividade 3, que traz “buscar as ferramentas para executar o *Setup*”. Essa atividade que antes era realizada como *setup* interno (ver Tabela 4) passou a ser uma atividade do *setup* externo, aplicação pura do SMED, convertendo *setup* interno em externo.

Ainda em relação a atividade 3, antes das melhorias os operadores tinham a perda de tempo ao encontrar as ferramentas necessárias para execução das micro atividades, pois as ferramentas se encontravam dispostas longe dos pontos da máquina nas quais as atividades se aplicam.

Conforme a Tabela 17, a melhoria nessa atividade foi a aquisição de novas ferramentas exclusivas para as micro atividades dessa operação, a disponibilidade das novas ferramentas nos pontos onde as atividades são necessárias faz com que os operadores não tenham mais perda de tempo na busca das ferramentas. Com isso, essa atividade teve seu tempo de execução reduzido de 15 minutos para zero.

Assim como a atividade 3 teve resultado ótimo em relação à diminuição da perda de tempo da atividade, outras atividades podem não ser viáveis economicamente para serem implementadas melhorias. Como é o caso da atividade 8, que traz a “troca dos rolos”, a sugestão de melhoria nesse caso que é apontada na Tabela 4 como “falta de ferramenta adequada para troca dos rolos” em estudo realizado, a aquisição da ferramenta não se justificou viável financeiramente.

Deve-se analisar todas as possibilidades de melhorias em todas as atividades de um *setup*, contudo é importante ter o bom senso e análise correta em relação às melhorias que realmente irão se justificar em resultados reais de diminuição de tempo e que são economicamente viáveis.

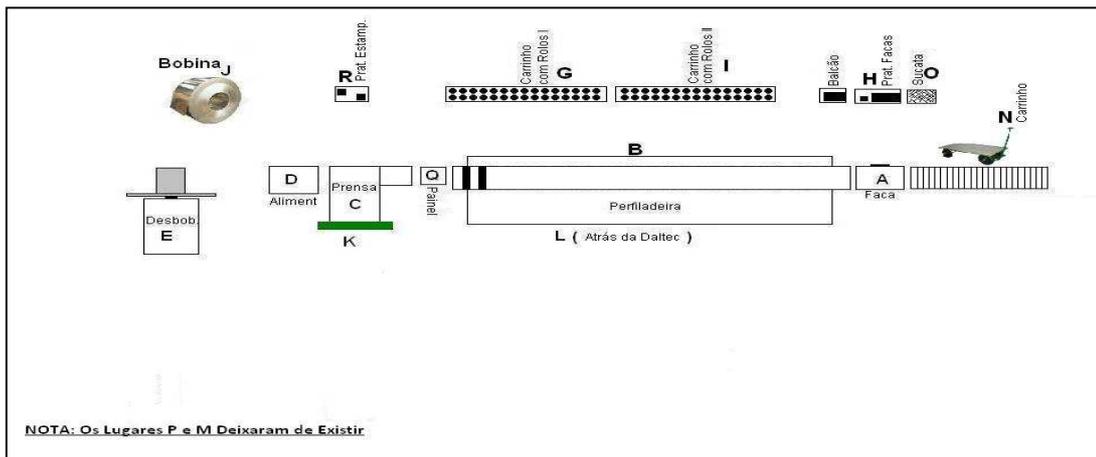
4.2 Resultados com o *Travel Chart*

Nessa seção são apresentadas as melhorias em relação ao melhor aproveitamento do *layout* da máquina e seus agregados, é de extrema importância a participação de todos os envolvidos diretamente no trabalho (operadores, auxiliares, supervisores, etc) para que possam ser implementadas melhorias ao estudo. Como demonstrado anteriormente os pontos A (faca),

B (parte frontal da perfiladeira) e F (balcão de ferramentas) são os mais representativos em relação à distância e frequência de atividades em ambos os operadores, especialmente o F, onde ficam armazenados boa parte do ferramental utilizado durante o *setup*.

As melhorias e ajustes realizados no novo *layout* da perfiladeira e seus agregados são apresentados na Figura 15.

Figura 15 Layout da perfiladeira e seus agregados – depois



Fonte: Próprio autor.

Com a definição do novo *layout* apresentado na Figura 15 são obtidos novos parâmetros de trabalho, especialmente em relação às distâncias e frequências das atividades de cada um dos pontos de trabalho. Importante ressaltar que foi possível com esse novo formato eliminar os pontos M e P das atividades de *setup*, no caso do ponto M ferramentas “emprestadas” de outra máquina no momento do *setup*, nesse caso, foi adquirida uma nova ferramenta exclusiva para a perfiladeira. E no caso do ponto P, a talha que era utilizada pelos operadores deixou de ser uma atividade a ser realizada por eles.

O Ponto F (balcão de ferramentas) foi direcionado mais próximo da perfiladeira, como é um item fundamental e muito utilizado durante o *setup* o mesmo foi acondicionado mais próximo do ponto A (faca). Tendo em vista que anteriormente esses dois pontos eram os responsáveis pela maior distância e frequências entre os demais pontos do projeto.

O ponto B (parte frontal da perfiladeira) também apresenta muita distância e frequências de movimentação durante o *setup*, pois nesse ponto deve ser considerado: a operação da troca dos rolos de aço da perfiladeira. Rolos esses, que são responsáveis por perfilar

a chapa de aço na forma de coluna, entretanto, o ponto B não pode ser alterado, pois a máquina é fixa no piso. Entretanto os pontos G e I, onde os rolos da máquina são armazenados e que são utilizados frequentemente no *setup* sofreram ajustes no *layout* e ficaram bem mais próximos um do outro e claro, mais próximos da perfiladeira.

Com esses e outros ajustes comentados a Tabela 18 apresenta as novas frequências de atividades realizadas pelo operador 1.

Tabela 18 Estudo de frequência entre atividades – operador 1 depois

| | | Frequencia | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE \ PARA | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | N | O | Q | R | S |
| A | X | 1 | | | | | | 3 | | | | | | | | | 1 |
| B | 3 | X | 5 | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| C | | 5 | X | 3 | 3 | | | 1 | | | | | | | | | |
| D | | | 4 | X | 2 | | | | | | 1 | | | | | | |
| E | | | 2 | 2 | X | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 2 | | 2 | | | | | X | 2 | | | | | | | | 2 |
| I | | 1 | | | 1 | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| K | | | | 1 | | | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | | | | | 1 | | | | X | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Q | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| R | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| S | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Com a definição do novo layout através da visualização pelo *Travel Chart* (Figura 15) novas frequências e distâncias percorridas pelo operador 1 sofreram alterações importantes, na Tabela 18 é apresentado o novo estudo de frequência de movimentação após implementação de melhorias. Seguindo o mesmo exemplo, verificamos que a frequência que o operador 1 percorre do ponto A para o ponto B é de somente 1 vez (antes era de 6 vezes) a frequência percorrida do ponto A ao ponto C deixou de existir (antes era de 3 vezes). Em ambos os casos havia a necessidade de grande movimentação entre esses pontos, pois a ferramenta utilizada no *setup* para a regulagem da prensa (ponto C) e da faca (ponto A) era comum para ambos,

entretanto só havia uma única ferramenta, foi adquirida uma nova ferramenta exclusiva para a faca (ponto A) eliminando a necessidade de movimentação entre esses pontos.

A Tabela 19 apresenta a distância entre os pontos percorridos pelo operador 1, importante lembrar que como o *layout* sofreu alteração, as distâncias entre os pontos precisam ser aferidas novamente com o auxílio da trena, para não perder tempo, devemos fazer as novas aferições somente nos pontos em que o layout sofreu alteração.

Tabela 19 Estudo entre as distâncias percorridas – operador 1 depois

| Distancia em metros | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------|-----|-----|----|------|-----|------|------|----|----|-----|------|------|------|------|-----|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | N | O | Q | R | S |
| A | X | 6 | 14 | 15 | 18 | 2 | 8 | 3,5 | 6 | 21 | 14 | 7,5 | 4 | 4 | 11 | 15 | 13 |
| B | 6 | X | 8 | 9 | 11 | 5,5 | 2,5 | 6 | 3 | 12 | 8 | 13 | 10,5 | 8 | 5 | 9 | |
| C | 14 | 8 | X | 1 | 5 | 14 | 7 | 15 | 9 | 6 | 4 | 8,5 | 18 | 16 | 4 | 2 | |
| D | 15 | 9 | 1 | X | 3 | 15 | 8 | 16 | 10 | 4 | 2 | 9 | 20 | 17 | 5 | 2,5 | 2,5 |
| E | 18 | 11 | 4 | 3 | X | 18,5 | 11 | 19 | 3 | 1 | 3 | 11 | 23 | 20 | 8 | 5 | |
| F | 2 | 6 | 13 | 14 | 17 | X | 7 | 1 | 5 | 17 | 14 | 6 | 5 | 3 | 10,5 | 14 | |
| G | 7 | 3 | 8 | 9 | 12 | 6 | X | 7 | 2 | 13 | 12 | 16 | 10 | 8 | 7 | 8,5 | |
| H | 3,5 | 6 | 14 | 15 | 18 | 8 | 6 | X | 6 | 18 | 15 | 7 | 6 | 4 | 11,5 | 15 | 13 |
| I | 6 | 3 | 10 | 11 | 14 | 7 | 2 | 5 | X | 15 | 14 | 16 | 10 | 8,5 | 5 | 10,5 | |
| J | 21 | 12 | 6 | 4 | 1 | 17 | 13 | 18 | 15 | X | 5 | 8 | 23 | 20 | 8 | 5 | |
| K | 21 | 12 | 4 | 2 | 3 | 14 | 12 | 15 | 14 | 5 | X | 9 | 23 | 21 | 3 | 5 | |
| L | 7,5 | 13 | 8,5 | 9 | 11 | 6 | 16 | 7 | 16 | 8 | 9 | X | 18 | 8 | 4 | 6 | |
| N | 4 | 10,5 | 18 | 20 | 23 | 5 | 10 | 6 | 10 | 18 | 5 | 18 | X | 7 | 15 | 15 | |
| O | 2 | 8 | 15 | 16 | 19 | 1 | 9 | 1 | 7 | 19 | 16 | 8 | 7 | X | 12,5 | 14 | |
| Q | 11 | 5 | 4 | 5 | 8 | 10,5 | 7 | 11,5 | 5 | 18 | 3 | 6 | 15 | 12,5 | X | 4,5 | |
| R | 14 | 9 | 2 | 2,5 | 5 | 14 | 8 | 15 | 10,5 | 5 | 5 | 6 | 15 | 13,5 | 4,5 | X | |
| S | | 6 | 2 | | | | | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Trabalhando sempre com o mesmo exemplo, a distância atual entre o ponto A e o ponto B foi reduzida de 9,5 metros para atuais 6 metros. A distância entre o ponto A e o ponto C permaneceu nos 14 metros aferidos anteriormente. Importante ressaltar que nem sempre a mudança de layout poderá ser realizada, em alguns casos pelo elevado custo da mudança, ou em outros, pelo simples fato de existir barreiras físicas (colunas de sustentação do teto, por exemplo) que podem impedir tal alteração.

Dessa forma, na Tabela 20 é apresentado o novo resultado do total de distância percorrida entre os pontos pelo operador 1 durante a realização do *setup*, agora com os dados atualizados após melhorias.

Tabela 20 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 1 depois

| | | DISTÂNCIA PERCORRIDA | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|----------------------|----|---|----|---|---|------|----|---|---|----|---|---|---|---|----|
| DE \ PARA | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | N | O | Q | R | S |
| A | X | 6 | | | | | | 10,5 | | | | | | | | | 13 |
| B | 18 | X | 40 | | | | | | | | | 13 | | | | | |
| C | | 40 | X | 3 | 15 | | | 15 | | | | | | | | | |
| D | | | 4 | X | 6 | | | | | | 2 | | | | | | |
| E | | | 8 | 6 | X | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 7 | | 28 | | | | | X | 12 | | | | | | | | 26 |
| I | | 3 | | | 14 | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| K | | | | 2 | | | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | | | | | 7 | | | | X | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Q | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| R | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| S | | 6 | 2 | | | | | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Analisando os dados da Tabela 20, destacamos em vermelho as novas distâncias percorridas pelo operador 1 nos pontos utilizados em nosso exemplo, do ponto A para o ponto B a distância atual é de 6 metros (frequência 1 x 6 metros) apontados nas Tabelas 18 e 19 respectivamente. É importante apontar que essa distância antes da melhoria era de 57 metros, uma redução de 89,50% entre a distância percorrida e frequência.

Com o novo estudo, a distância entre o ponto A e o ponto C que era de 42 metros, passou a ser 0 (zero), calculando todos os demais pontos com as distâncias e suas frequências percorridas o operador 1 passa a percorrer com as melhorias 307 metros durante cada *setup* realizado, ante os 778 metros percorridos sem as melhorias, um ganho de 60,53%.

Na Tabela 21 são dados os novos tempos coletados em relação à movimentação dos operadores 1 após as melhorias implementadas.

Tabela 21 Estudo de tempo entre as atividades em segundos – operador 1 depois

| | | TEMPO ENTRE AS ATIVIDADES EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|---------------------------------------|----|----|----|----|---|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|--|
| DE \ PARA | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | |
| A | X | 27 | | | | | | 2 | | | | | | | | | 23 | |
| B | 22 | X | 18 | | | | | | | | | 6 | | | | | | |
| C | | 22 | X | | 24 | 21 | | 37 | | | | | | | | | | |
| D | | | 11 | X | 21 | | | | | | 4 | | | | | | | |
| E | | | 17 | 19 | X | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| H | 2 | | 31 | | | | | X | 25 | | | | | | | | 27 | |
| I | | 19 | | | 24 | | | | X | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| K | | | | 8 | | | | | | | X | | | | | | | |
| L | | | | | | | | 35 | | | | X | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| Q | | | 8 | 24 | | | | | | | | | | | | | X | |

Fonte: Próprio autor.

O tempo entre atividades apontados em minutos apresentados na Tabela 21 traz os ganhos de tempo em relação à movimentação do operador 1 na execução do *setup* do tipo completo. É destacado que nem todos os tempos nesse item são reduzidos, entretanto como a frequência de atividades foi reduzida, os tempos totais de cada movimentação diminuem o tempo de movimentação do ponto A para o ponto B continua sendo os mesmos 27 segundos (ver Tabela 21). Entretanto, a frequência dessa atividade foi reduzida de seis vezes para apenas uma única vez (ver Tabela 18).

Tabela 22 Estudo do tempo total de deslocamento em segundos – operador 1 depois

| TEMPO TOTAL DE DESLOCAMENTO EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----|----|----|----|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| DE \ PARA | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 27 | | | | | | 6 | | | | | | | | | 23 |
| B | 66 | X | 90 | | | | | | | | | 6 | | | | | |
| C | | 110 | X | 0 | 72 | | | 37 | | | | | | | | | |
| D | | | 44 | X | 42 | | | | | | 4 | | | | | | |
| E | | | 34 | 38 | X | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | 4 | | 62 | | | | | X | | | | | | | | | 54 |
| I | | 19 | | | 24 | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| K | | | | 8 | | | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | | | | | 35 | | | | X | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Q | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Seguindo o mesmo exemplo de movimentação do ponto A para o ponto B e multiplicando por sua frequência é dado um tempo total dessa movimentação de 66 segundos (marcados em vermelho na Tabela 22), e assim por diante, calculando os demais tempos por suas movimentações e frequências do operador 1 a redução das movimentações caiu de 2.017 segundos (33 minutos) para 813 segundos, ou aproximadamente 14 minutos, uma redução de 42% no tempo de movimentação.

Na Tabela 23 é apresentado o mesmo esquema de melhorias e seus devidos resultados, para o operador 2.

Tabela 23 Estudo de frequência entre atividades – operador 2 depois

| | | FREQUÊNCIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | N | O | Q | R | S | T |
| A | X | 2 | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | 3 | 1 |
| B | 3 | X | 3 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1 |
| C | 2 | 3 | X | | 3 | | | 1 | | | | | | | 1 | | 2 | |
| D | | | | X | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | 3 | 3 | X | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| H | | | 1 | | | | | X | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| J | | | | | 1 | | | | | X | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| N | | 1 | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| Q | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | X | | | |
| R | | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| S | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | X | |
| T | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Com as alterações realizadas no *layout* (Figura 14) as novas quantidades de vezes (frequências) que o operador 2 se movimenta durante a realização do *setup* do tipo completo são apresentadas na Tabela 23. A movimentação do ponto A para o ponto B que antes era de 9 vezes (ver Tabela 8) agora é feita 2 vezes, e entre o ponto B e C, que era de 13 vezes (ver Tabela 11) agora é feita 3 vezes e assim por diante nas demais movimentações.

Dando continuidade à melhoria de movimentação do operador 2, a Tabela 24 traz a redução em metros entre os pontos baseado no novo *layout*.

Tabela 24 Estudo de distância entre atividades – operador 2 depois

| | | DISTÂNCIA EM METROS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----|---------------------|-----|-----|----|------|-----|------|------|----|----|-----|------|------|------|------|-----|---|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | N | O | Q | R | S | T |
| A | X | 6 | 14 | 15 | 18 | 2 | 8 | 3,5 | 6 | 21 | 14 | 7,5 | 4 | 4 | 11 | 15 | 13 | 5 |
| B | 6 | X | 8 | 9 | 11 | 5,5 | 2,5 | 6 | 3 | 12 | 8 | 13 | 10,5 | 8 | 5 | 9 | 7 | 5 |
| C | 14 | 8 | X | 1 | 5 | 14 | 7 | 15 | 9 | 6 | 4 | 8,5 | 18 | 16 | 4 | 2 | 2 | |
| D | 15 | 9 | 1 | X | 3 | 15 | 8 | 16 | 10 | 4 | 2 | 9 | 20 | 17 | 5 | 2,5 | 2,5 | |
| E | 18 | 11 | 4 | 3 | X | 18,5 | 11 | 19 | 3 | 1 | 3 | 11 | 23 | 20 | 8 | 5 | | |
| F | 2 | 6 | 13 | 14 | 17 | X | 7 | 1 | 5 | 17 | 14 | 6 | 5 | 3 | 10,5 | 14 | | |
| G | 7 | 3 | 8 | 9 | 12 | 6 | X | 7 | 2 | 13 | 12 | 16 | 10 | 8 | 7 | 8,5 | | |
| H | 3,5 | 6 | 14 | 15 | 18 | 8 | 6 | X | 6 | 18 | 15 | 7 | 6 | 4 | 11,5 | 15 | 13 | |
| I | 6 | 3 | 10 | 11 | 14 | 7 | 2 | 5 | X | 15 | 14 | 16 | 10 | 8,5 | 5 | 10,5 | | |
| J | 21 | 12 | 6 | 4 | 1 | 17 | 13 | 18 | 15 | X | 5 | 8 | 23 | 20 | 8 | 5 | | |
| K | 21 | 12 | 4 | 2 | 3 | 14 | 12 | 15 | 14 | 5 | X | 9 | 23 | 21 | 3 | 5 | | |
| L | 7,5 | 13 | 8,5 | 9 | 11 | 6 | 16 | 7 | 16 | 8 | 9 | X | 18 | 8 | 4 | 6 | | |
| N | 4 | 10,5 | 18 | 20 | 23 | 5 | 10 | 6 | 10 | 18 | 5 | 18 | X | 7 | 15 | 15 | | |
| O | 2 | 8 | 15 | 16 | 19 | 1 | 9 | 1 | 7 | 19 | 16 | 8 | 7 | X | 12,5 | 14 | | |
| Q | 11 | 5 | 4 | 5 | 8 | 10,5 | 7 | 11,5 | 5 | 18 | 3 | 6 | 15 | 12,5 | X | 4,5 | | |
| R | 14 | 9 | 2 | 2,5 | 5 | 14 | 8 | 15 | 10,5 | 5 | 5 | 6 | 15 | 13,5 | 4,5 | X | | |
| S | 11 | 6 | 2 | | | | | | | | | | | | | | X | |
| T | 5 | | 5 | | | | | 12 | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

A redução das distâncias entre os pontos de movimentação teve uma redução considerável, como exemplo apresentado na Tabela 24, a distância entre o ponto A e o ponto B que antes era de 9,5 metros (ver Tabela 9) foi reduzida para 6 metros e assim por diante.

Na Tabela 25 é apresentado o estudo das frequências vezes as distâncias entre os pontos baseado no novo *layout*.

Tabela 25 Estudo entre as distâncias e frequências percorridas – operador 2 depois

| PARA DE | | DISTÂNCIA PERCORRIDA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----------------------|----|---|----|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| | | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | N | O | Q | R | S |
| A | X | 12 | 14 | | | | | | | | | | 4 | | | | 39 | 5 |
| B | 18 | X | 24 | | | | | | | | | | | | | | 14 | 5 |
| C | 28 | 24 | X | 0 | 15 | | | 15 | | | | | | | 4 | | 4 | |
| D | | | | X | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | 12 | 9 | X | | | | | 1 | | | | X | | | | |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| H | | | 14 | | | | | X | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| J | | | | | 1 | | | | | X | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| N | | 10,5 | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| Q | | 5 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| R | | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| S | 22 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| T | 5 | | 5 | | | | | 12 | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Conforme a Tabela 25, a distância percorrida total entre os pontos também obteve reduções, seguindo o mesmo exemplo, do ponto A para o ponto B. A distância percorrida antes das melhorias era de 85,5 metros (ver Tabela 10) sendo reduzidos para atuais 12 metros. Assim, o operador 2 durante o *setup* do tipo completo percorre atualmente 325 metros, ante os 1.388 metros percorridos sem as melhorias.

A Tabela 26 traz os dados de melhorias referentes aos tempos gastos entre os pontos das atividades do *setup*.

Tabela 26 Estudo de tempo entre as atividades em segundos – operador 2 depois

| TEMPO ENTRE AS ATIVIDADES EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| A | X | 24 | 15 | | | | | | | | | | 2 | | | | |
| B | 22 | X | 13 | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| C | 12 | 6 | X | | 4 | | | 9 | | | | | | | 4 | | 12 |
| D | | | | X | 2 | | | | | | | | | | | | |
| E | | | 4 | 5 | X | | | | | 4 | | | | | 6 | | 11 |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | | | 4 | | | | | X | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | | | 2 | | | | | X | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | 4 | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | 8 | | | 5 | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Q | 22 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Assim como aconteceu com o operador 1, o operador 2 na maioria dos tempos de movimentação não obteve grandes reduções, o que faz a diferença é a redução das frequências das atividades, ou seja, a quantidade de vezes que o operador se movimenta entre os pontos. Como exemplo, na Tabela 26, apresenta-se que o operador 2 leva 13 segundos para se movimentar do ponto B para o ponto C, o mesmo tempo apontado antes das melhorias (ver Tabela 11).

Entretanto, a Tabela 27 traz o tempo total das movimentações entre os pontos com suas devidas frequências calculadas.

Tabela 27 Estudo do tempo total de deslocamento em segundos – operador 2 depois

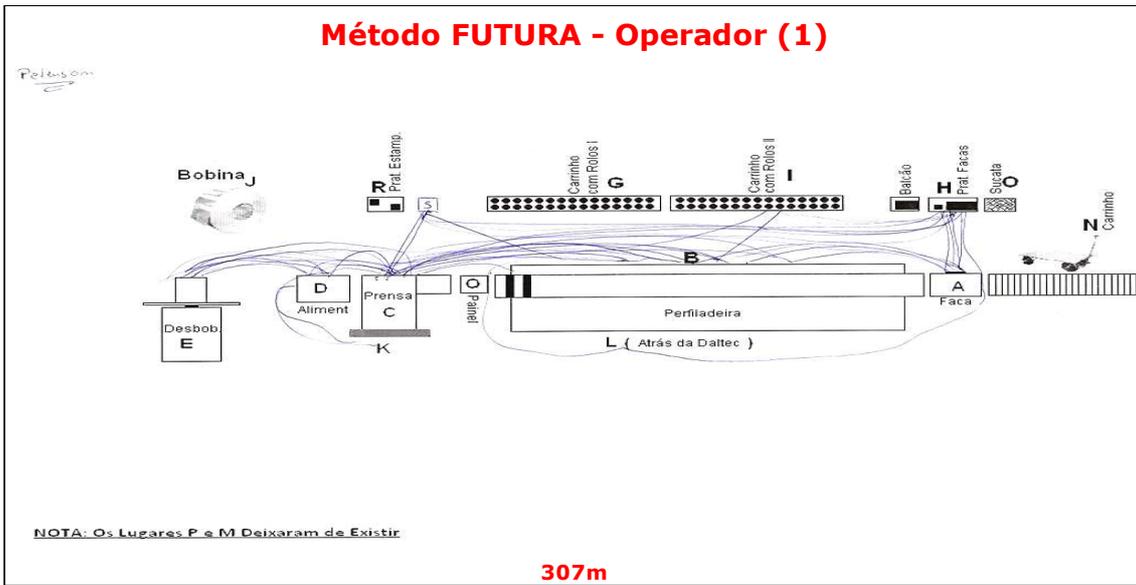
| TEMPO TOTAL DE DESLOCAMENTO EM SEGUNDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| PARA DE | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
| | X | 48 | 15 | | | | | | | | | | 2 | | | | |
| B | 66 | X | 39 | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| C | 24 | 18 | X | | 12 | | | 9 | | | | | | | 4 | | 24 |
| D | | | | X | 6 | | | | | | | | | | | | |
| E | | | 12 | 15 | X | | | | | 4 | | | | | 6 | | 11 |
| F | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| H | | | 4 | | | | | X | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| J | | | | | 2 | | | | | X | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| M | | 4 | | | | | | | | | | | X | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| O | | 8 | | | 5 | | | | | | | | | | X | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Q | 44 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | X |

Fonte: Próprio autor.

Os dados dos tempos de redução dos deslocamentos do operador 2 são apresentados na Tabela 26, os tempos de deslocamentos mais considerados estão entre os pontos A e B, com a tabulação de todos os tempos a redução para o operador 2 dos deslocamentos caiu de 1.500 segundos (25 minutos) para atuais 391 segundos, ou aproximadamente 7 minutos.

Após as melhorias implementadas é finalizado o processo desenvolvendo novamente o croqui do processo de fabricação com o quadro do Travel Chart atualizado dos dois operadores, conforme as Figuras 15 e 16 respectivamente:

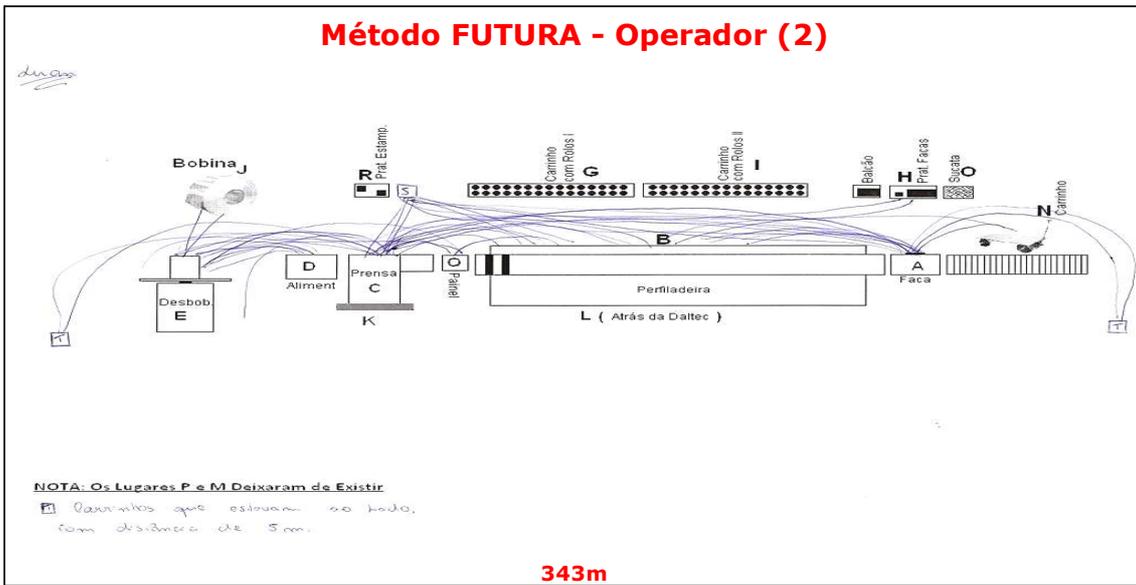
Figura16 Gráfico de movimentação atual – operador 1 depois



Fonte:

Fonte: Próprio autor

Figura 17 Gráfico de movimentação atual – operador 2 depois



Fonte:

Fonte: Próprio autor

Finalizando o *Travel Chart* com a demonstração gráfica após as melhorias ficam evidenciado no croqui como as movimentações dos operadores foram reduzidas desde o início do projeto, como citado anteriormente, essa última etapa de marcar os pontos percorridos é importante não só para demonstrar as devidas reduções, mas também para motivar outras áreas da empresa a se interessarem pelo projeto e querer fazer a implementação em seus devidos setores.

5. Conclusão

Na década de 1950 Shingo trouxe uma ferramenta que seria utilizada por grande parte das empresas em todo o mundo quando se fala na tratativa de reduzir desperdícios de tempo em relação aos ajustes de máquinas e equipamentos nos processos industriais, décadas depois, inúmeros estudos foram realizados para aperfeiçoamento da metodologia SMED, desenvolvida por Shingo.

Pesquisadores do mundo todo atualizaram em suas mais variadas lacunas os pontos que não foram observados por Shingo na época de seus estudos, ou simplesmente porque ao longo dos anos os processos produtivos foram aprimorados e com isso, houve a necessidade de se atualizar as ferramentas de gestão de acordo com essas novas realidades.

Os clientes exigem cada vez mais produtos diversificados, trazendo com essas novas exigências processos produtivos cada vez mais dinâmicos para poderem atender o mix de produtos cada vez mais específico do mercado global.

Se nos anos 50 Shingo trouxe a revolução separando os processos de *setup* em atividades internas e externas, hoje essa separação deve ir além da simples ordenação dessas atividades no momento da troca de produto em uma linha de produção.

Para colaborar com essa atualização da metodologia de Shingo, esse projeto apresentou o SMED trabalhando em conjunto com o *Travel Chart*, metodologias que juntas, provaram sua eficácia na redução dos tempos de *setup* das máquinas em uma linha de produção.

Nesse estudo, que não se resumiu somente em separar atividades de *setup* externo em interno e sim, desenvolver análises nas demais atividades em torno de uma máquina ou linha de produção com o objetivo de reduzir ainda mais os tempos de *setup* além do proposto por Shingo.

Com o uso do *Travel Chart* foi possível projetar e implementar melhorias significativas no *layout* do processo estudado, reduzindo tempos de 2.017 segundos para 813 segundos em movimentação de atividades de somente um dos operadores, e no segundo operador a redução foi ainda melhor diminuindo de 1.500 segundos para 391 segundos sua movimentação durante o processo de *setup*, importante ressaltar que houve melhorias também na ergonomia para os trabalhadores, mas conforme citado anteriormente, esse não é o escopo do projeto.

Em apoio ao SMED, o *Travel Chart* apresentou melhorias significativas nas distâncias percorridas pelos operadores durante a realização do *setup*, o operador 1 que percorria 778 metros em cada *setup*, passou a percorrer 307 metros e o segundo operador teve redução de consideráveis 1.380 metros para atuais 325 metros por cada *setup* realizado.

Em se tratando do uso do SMED propriamente dito, o *setup* do tipo completo realizado no equipamento que antes das melhorias tinha um tempo total de 285 minutos, foi reduzido para 186 minutos, um ganho de aproximadamente 35% de tempo em cada troca de produto.

Não foi objeto de estudo desse projeto a análise do ganho financeiro em relação às melhorias apontadas, mas não deixa de ser outro fator muito importante e que pode ser considerado para futuras pesquisas, tendo em vista, que em algumas situações o valor financeiro em alguma melhoria pode não valer a pena do ponto de vista de investimento.

O uso da metodologia SMED em conjunto com a técnica de estudo de *layout Travel Chart* e a análise estatística provaram que essa fusão funciona, sobretudo na flexibilidade de unir os processos de ambas as ferramentas em torno de um bem comum, no caso específico da redução do tempo de *setup*.

Na aplicação da estatística, o estudo provou validade dessa análise, os resultados apresentados pela estatística demonstraram que além do *setup*, que é o foco principal do projeto, outras atividades podem ter atenção especial após os trabalhos com a redução do tempo de *setup*. Atividades essas, que não ficam claras quando um tratamento estatístico deixa de ser considerado, especialmente no Brasil, onde temos uma deficiência cultural em não dar a devida atenção aos estudos realizados pela estatística. No mais, outras ferramentas como diagrama de Ishikawa, 5W2H, Pareto, entre outras, podem valorizar a apuração dos resultados obtidos com o SMED. No entanto, nesse projeto, o apoio do *Travel Chart* e da análise estatística se mostraram eficientes em seus resultados, colaborando de forma efetiva na redução do tempo de *setup* da máquina objeto do estudo.

6. Referências

- ABELE E, ALBRECHT F, FAATZ L.; **Wandlungsfähigkeit mit Material Flusssimulation bewerten.** ZWF;107-831-5, 2012.
- ABELE, E.; ELCHHORN, N.; **Bewerten mit Methode. In: Werkstatt + Betrieb: WB, Carl Hanser Verlag, München,** 142 (3) pp. 61-65, 2009.
- ABELE, E.; ELCHHORN, N.; *Otimização dos tempos de preparação baseada no método SMED. Máquinas e Metais.* Editora Aranda. Ano 49, n. 567, Abril, 2013.
- ADANNA, I. W.; SHANTHARAM, A., *Improvement of Setup Time and Production Output with the use of Single Minute Exchange of Die Principles (SMED).* **International Journal of Engineering Research**, Índia, vol. 2, n.4, p. 274-277, 2013.
- AGARWAL, A.; MISHRA, S. N.; PRAKASH, R., *Reduction In Material Handling Cost Using Travel Chart Technique.* **International Journal of Engineering Science and Technology**, vol. 4, p. 2662-2669, 2012.
- ALBRECHT, F.; FAATZ, L.; ABELE, E.; **Multidimensional evaluation of the changeability of interlinked production processes with material flow simulation.** *Procedia CIRP* 7 139 – 144. 2013.
- AZZOLINI, W. J e FERAZ, F. J. **Adquirindo Controle Gestão da Capacidade e Prioridades.** Universidade de São Paulo. EESC – Escola de Engenharia de São Carlos. (2012)
- BARTZ, T.; RIFFEL, E. T.; SILUK, J. C. M., *Uso da Troca Rápida de Ferramenta – TRF – Como Estratégia do Aumento de Produtividade em uma Rotuladeira de Garrfas Plásticas.* **Revista Tecno-lógica**, Universidade Federal de Santa Catarina, v. 16, n.2, p. 71-77 jul./dez., 2012.
- BERLEC, T.; KUSAR, J.; STARBEK, M.; ZEFAN, F., *Reduction of Machine Setup Time.* **Journal of Mechanical Engineering**, Faculty of Mechanical Engineering, Eslovenia, p. 833-845, 2010.
- BLACK, J. T., **O Projeto da Fábrica com Futuro**, Porto Alegre: Editora Artes Médicas, 1998.
- CALARGE, F. A.; SATOLO, E. G., *Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais.* **Revista Exacta**, São Paulo, v. 6, n.2, p. 283-296, 2008.

- CARRIE, A. S., **Numerical Taxonomy Applied to Group Technology and Plant Layout**. Department of Production Engineering , University of Strathclyde , Escócia, p. 399-416, 1973.
- CHASE, R. B.; JACOBS, R. F.; AQUILANO, N. J, **Administração da Produção Para Vantagem Competitiva**, Porto Alegre: Editora Bookam, 2004.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. N. **Just in Time, MRPII e OPT Um enfoque estratégico**. São Paulo. Editora Atlas. 1996.
- CORRELL, J. G. e KERBERT, K. **Gaining control: managing capacity & priorities**. Editora John Wiley. 3ª edição, (2007).
- COSTA, E.; SOUSA, R.; BRAGANÇA, S.; ALVES, A.; **An industrial application of the SMED methodology and other Lean Production tools. Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems**. 4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure. Funchal/Madeira, 2 23-27 June 2013.
- DIONYSIO, A. F.; DIONYSIO, C. C. C., **E-Fanzine Revista Eletrônica**, Monte Alto, ano 1, n.4, Abril/Junho, 2009. Acessado em 09/06/2012 às 14:00hs <http://www.fan.edu.br/efanzine/documentos/89.pdf>.
- GAJDZIK, B.; GRZYBOWSKA, K., **Optymisation of Equipment Setup Processes inEnterprises. RevistaMetalurgia**, Poznan University of Technology, Faculty of Engineering Management, Poznan, Polônia, p. 555-558, 2012.
- GARCEZ, P. M. T.; MOREIRA, A. C., *Implementation of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in Small to Medium-sized Enterprises: A Portuguese Case Study*. **International Journal of Management**, University of Aveiro, Portugal, vol. 30, n. 1, 2013.
- GIL, A.C., **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- HASAN, A. H.; SARKIS, J.; SHANKAR, R., *Agility and Production Flow Layouts: An Analytical Decision Analysis*. **Computers& Industrial Engineering**, n. 62, p. 898-907, 2012.
- HAYES, R.; PISANO, G.; UPTON, D.; WHEELWRIGHT, Steven, **Produção, Estratégia e Tecnologia em Busca da Vantagem Competitiva**, Porto Alegre: Editora Bookam, 2005.
- KING, P. L. *Lean For The Process Industries – Dealing With Complexity*. **Productivity Press**, 2009.
- KUMAR, B.S.; ABUTHAKEER, S. S. *Implementation of Lean and Techniques in an Automotive Industry*. **Jornal of Applied Sciences**, PSG College of Technology, Coimbatore, India, p. 1032-1037, 2012.
- LIKER, J. K, **O Modelo Toyota 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**, Porto Alegre: Editora Bookam, 2008.

- McIntosh R, Owen G, Culley S, Mileham T. Changeover improvement: reinterpreting McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W., *A Critical Evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) Methodology*. **International Journal of Operations & Production Management**, vol. 38, n. 33, p. 2377-2395, 2000.
- OLIVEIRA, D. P.R., **Sistemas, Organização & Métodos Uma Abordagem Gerencial**, São Paulo: Editora Atlas, 2007.
- PEREIRA, M. A., **Estudo de Caso da Metodologia SMED: Questões Operacionais para Implantação em Tornos CNC**. Engep, Rio de Janeiro, 2008.
- PEREZ, A. B. **Implementação da Metodologia SMED nas Unidades de Produção de Embalagens de Cartão**, Universidade de Aveiro, Portugal, 2009.
- PERINIC, M.; IKONIC, M.; MARICIC, S. *Die Casting Process Assessment Using Single Minute Exchange Of Dies (SMED) Method*. **Revista Metalurgija**, Universidade de Engenharia, Rijeka, Croácia, p. 1999-202, 2009.
- SAMADDAR, S.; WHALEN T., *Improving Performance in Cyclic Production Systems by Using Forced Variable Idle Setup Time*. **Revista Manufacturing & Service Operation Management**, vol. 10, n. 2, p. 173-180, 2008.
- SCHMENNEN, R. **The merit of making things fast**. Sloan Management Review, p. 11-17, 1988.
- SHINGO S. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. **Productivity Press**, 1985.
- SHINGO S. *A study of the Toyota Production System from industrial engineering*. **Productivity Press**, 1989.
- SHINGO, S., **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos**, Porto Alegre: Editora Bookman, 2008.
- SHINGO'S "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2007, 54, p. 98-111.
- SILVA, L. M. R. A., **Alteração do Layout e Implementação de Células de Produção na Indústria de Embalagens na XC Consultores**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão, Portugal, Julho, 2012.
- STALK, G. **Time – The next source of competitive advantage**. Harvard Business Review, pp. 41-51, July – August, 1988.
- SUGAY, M.; MCINTOSHI, R. I.; NOVASAKI, O., *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. **Revista Gestão da Produção**, São Carlos, v. 14, p. 323-335, maio-ago, 2007.

ULUTAS, B., **An application of SMED Methodology**. World Academy of Science, Engineering and Technology, Eskisehir Osmangazi University, Turquia, p. 100-103, 2011.

Apêndice A – Projeto – Análise dos dados apontados quanto à normalidade

refeição
 60 60 60 60 60 60 120 60 60 60 60 120 60
 60 60 60 120 60 60 60 60 60 60 60 60

necessidades pessoais
 15 15 20 10 15 10 15 35 9 15 10 15 25 15 15
 15 10 10 20

Ginástica Laboral
 30 20

Manutenção Corretiva
 145 20 100 600 305 445 30 295 15 85 15 15 58
 93 156 358 50 100 35 45 160 240 87

Setup
 145 85 155 190 95 75 460 50 110 200 290 170 270
 55 190 115 145 210 50 40 80 240 310 70 30 240
 123 40 160 45 73

Falta de Material
 20 210 60 295 35 40 60 265 225 68 40 30 68
 65 89 20 30 26 160 45 73

Parada por Gestão
 20 35 13 120 330 600 135 150 30 22 20 270 12

Aguardando o PCP
 65 30

Retrabalho
 70 475 325 210 40

Abastecimento Bobina
 120 150 60 85 108 60 60 170 105 30 133 26 107
 25 60 130 115 188 178 120 86 60 183 307 150 85
 90 56 87 63 87 50

Transporte de Peças Prontas
 20 35 10 45 10 75 20 36 15 22 15 10 10 20 30
 45 63 17 29 28 30 21 12 80 13 10 10 3 5 20

Ajuste do Equip. pelo Operador
 90 17 30 30 17 60 90 30 40 37 19 20 7
 100 30 40 90 25 55 170 30 70 41 42

Análise descritiva dos dados

DescriptiveStatistics: refeição; necessidades; Ginástica La; Manutenção C; ...

| Variable | N | Mean | StDev | Minimum | Median | Maximum |
|--------------------------|----|-------|-------|---------|--------|---------|
| refeição | 25 | 67,20 | 19,90 | 60,00 | 60,00 | 120,00 |
| necessidades pessoais | 19 | 15,47 | 6,27 | 9,00 | 15,00 | 35,00 |
| Ginástica Laboral | 2 | 25,00 | 7,07 | 20,00 | 25,00 | 30,00 |
| Manutenção Corretiva | 23 | 150,1 | 155,4 | 15,0 | 93,0 | 600,0 |
| Setup | 31 | 145,5 | 98,9 | 30,0 | 123,0 | 460,0 |
| Falta de Material | 21 | 91,6 | 85,1 | 20,0 | 60,0 | 295,0 |
| Parada por Gestão | 13 | 135,2 | 174,0 | 12,0 | 35,0 | 600,0 |
| Aguardando o PCP | 2 | 47,5 | 24,7 | 30,0 | 47,5 | 65,0 |
| Retrabalho | 5 | 224,0 | 180,9 | 40,0 | 210,0 | 475,0 |
| Abastecimento Bobina | 32 | 104,2 | 58,7 | 25,0 | 88,5 | 307,0 |
| Transporte de Peças Pron | 30 | 25,30 | 19,47 | 3,00 | 20,00 | 80,00 |
| Ajuste do Equip. peloOp | 24 | 49,17 | 36,85 | 7,00 | 38,50 | 170,00 |

Análise gráfica

Figura 1A – Gráfico Boxplot dos grupos de variáveis.

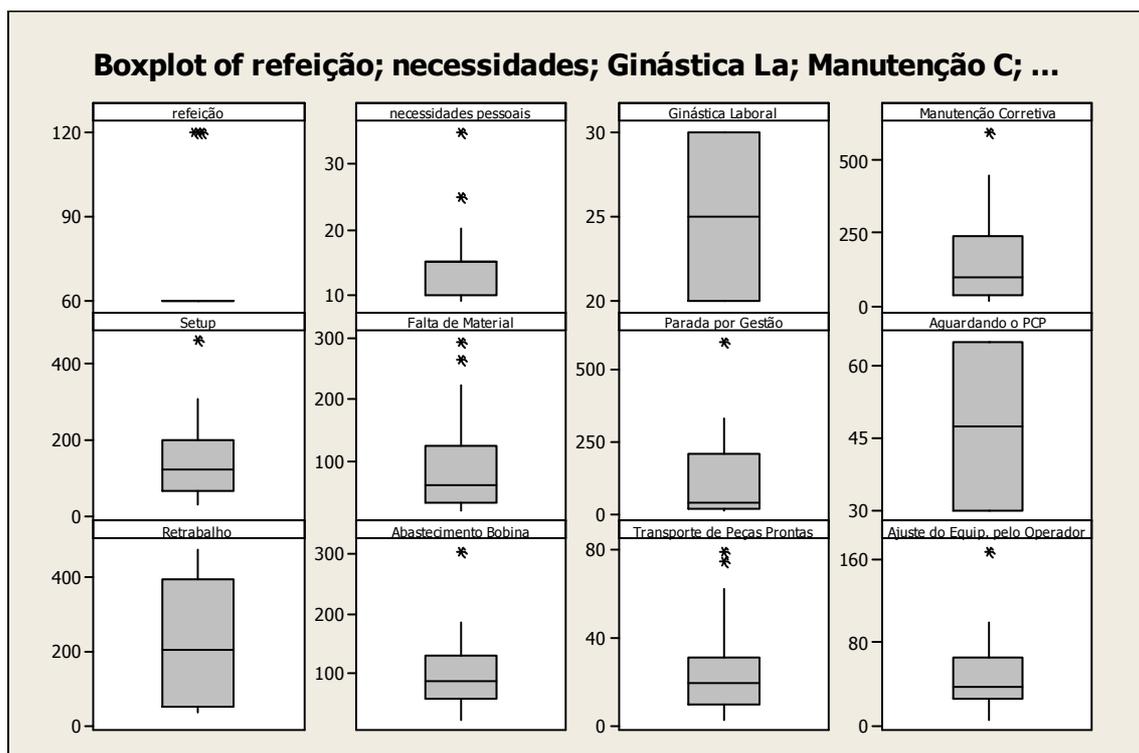
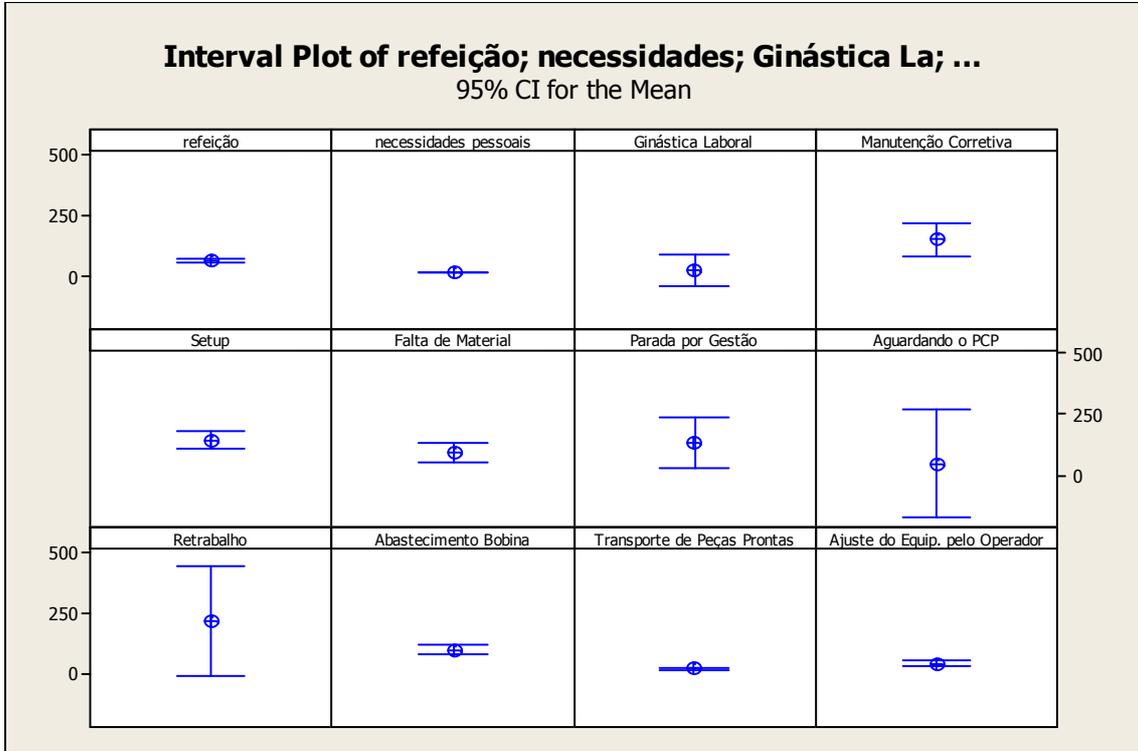


Figura 2A – Gráfico – Intervalo Plot dos grupos de variáveis.



todas observações

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 120 | 60 | 60 | 60 | 60 | 120 | 60 |
| 60 | 60 | 60 | 120 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 15 |
| 15 | 20 | 10 | 15 | 10 | 15 | 35 | 9 | 15 | 10 | 15 | 25 | 15 |
| 15 | 15 | 10 | 10 | 20 | 30 | 20 | 145 | 20 | 100 | 600 | 305 | 445 |
| 30 | 295 | 15 | 85 | 15 | 15 | 58 | 93 | 156 | 358 | 50 | 100 | 35 |
| 45 | 160 | 240 | 87 | 145 | 85 | 155 | 190 | 95 | 75 | 460 | 50 | 110 |
| 200 | 290 | 170 | 270 | 55 | 190 | 115 | 145 | 210 | 50 | 40 | 80 | 240 |
| 310 | 70 | 30 | 240 | 123 | 40 | 160 | 45 | 73 | 20 | 210 | 60 | 295 |
| 35 | 40 | 60 | 265 | 225 | 68 | 40 | 30 | 68 | 65 | 89 | 20 | 30 |
| 26 | 160 | 45 | 73 | 20 | 35 | 13 | 120 | 330 | 600 | 135 | 150 | 30 |
| 22 | 20 | 270 | 12 | 65 | 30 | 70 | 475 | 325 | 210 | 40 | 120 | 150 |
| 60 | 85 | 108 | 60 | 60 | 170 | 105 | 30 | 133 | 26 | 107 | 25 | 60 |
| 130 | 115 | 188 | 178 | 120 | 86 | 60 | 183 | 307 | 150 | 85 | 90 | 56 |
| 87 | 63 | 87 | 50 | 20 | 35 | 10 | 45 | 10 | 75 | 20 | 36 | 15 |
| 22 | 15 | 10 | 10 | 20 | 30 | 45 | 63 | 17 | 29 | 28 | 30 | 21 |
| 12 | 80 | 13 | 10 | 10 | 3 | 5 | 20 | 90 | 17 | 30 | 30 | 17 |
| 60 | 90 | 30 | 40 | 37 | 19 | 20 | 7 | 100 | 30 | 40 | 90 | 25 |
| 55 | 170 | 30 | 70 | 41 | 42 | | | | | | | |

Figura 3A – Gráfico Boxplot de todas as observações.

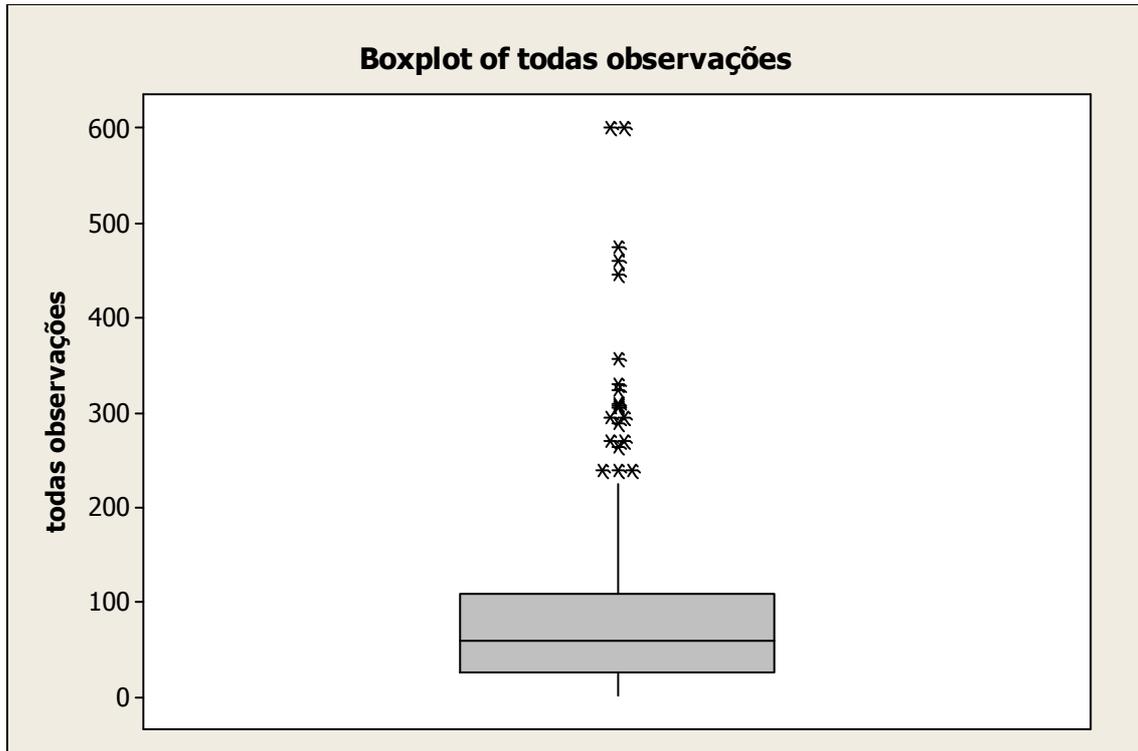
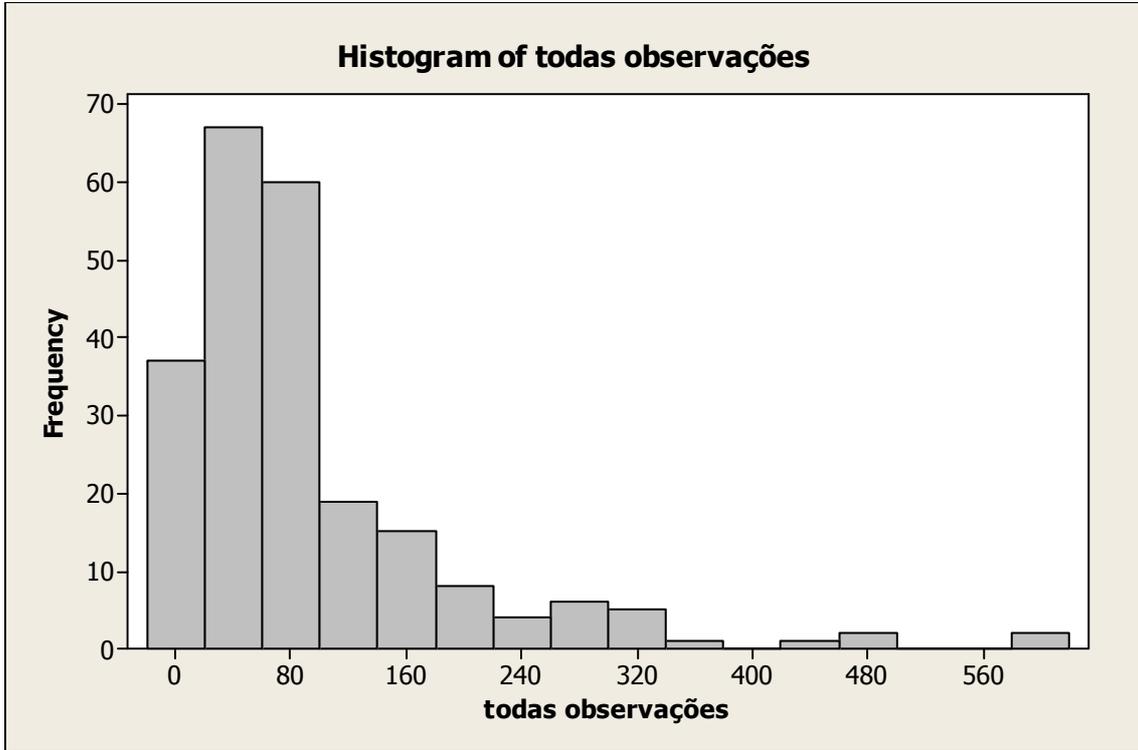


Figura 4A – Gráfico Histograma de todas as observações.



Conclusão: normalidade não verificada para os dados!!

Apêndice B – Logaritmo (base neperiana) dos dados

log(observações)

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,78749 |
| 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,78749 | 4,09434 | 4,09434 |
| 4,09434 | 4,09434 | 4,78749 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 |
| 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 2,70805 | 2,70805 | 2,99573 |
| 2,30259 | 2,70805 | 2,30259 | 2,70805 | 3,55535 | 2,19722 | 2,70805 |
| 2,30259 | 2,70805 | 3,21888 | 2,70805 | 2,70805 | 2,70805 | 2,30259 |
| 2,30259 | 2,99573 | 3,40120 | 2,99573 | 4,97673 | 2,99573 | 4,60517 |
| 6,39693 | 5,72031 | 6,09807 | 3,40120 | 5,68698 | 2,70805 | 4,44265 |
| 2,70805 | 2,70805 | 4,06044 | 4,53260 | 5,04986 | 5,88053 | 3,91202 |
| 4,60517 | 3,55535 | 3,80666 | 5,07517 | 5,48064 | 4,46591 | 4,97673 |
| 4,44265 | 5,04343 | 5,24702 | 4,55388 | 4,31749 | 6,13123 | 3,91202 |
| 4,70048 | 5,29832 | 5,66988 | 5,13580 | 5,59842 | 4,00733 | 5,24702 |
| 4,74493 | 4,97673 | 5,34711 | 3,91202 | 3,68888 | 4,38203 | 5,48064 |
| 5,73657 | 4,24850 | 3,40120 | 5,48064 | 4,81218 | 3,68888 | 5,07517 |
| 3,80666 | 4,29046 | 2,99573 | 5,34711 | 4,09434 | 5,68698 | 3,55535 |
| 3,68888 | 4,09434 | 5,57973 | 5,41610 | 4,21951 | 3,68888 | 3,40120 |
| 4,21951 | 4,17439 | 4,48864 | 2,99573 | 3,40120 | 3,25810 | 5,07517 |
| 3,80666 | 4,29046 | 2,99573 | 3,55535 | 2,56495 | 4,78749 | 5,79909 |
| 6,39693 | 4,90527 | 5,01064 | 3,40120 | 3,09104 | 2,99573 | 5,59842 |
| 2,48491 | 4,17439 | 3,40120 | 4,24850 | 6,16331 | 5,78383 | 5,34711 |
| 3,68888 | 4,78749 | 5,01064 | 4,09434 | 4,44265 | 4,68213 | 4,09434 |
| 4,09434 | 5,13580 | 4,65396 | 3,40120 | 4,89035 | 3,25810 | 4,67283 |
| 3,21888 | 4,09434 | 4,86753 | 4,74493 | 5,23644 | 5,18178 | 4,78749 |
| 4,45435 | 4,09434 | 5,20949 | 5,72685 | 5,01064 | 4,44265 | 4,49981 |
| 4,02535 | 4,46591 | 4,14313 | 4,46591 | 3,91202 | 2,99573 | 3,55535 |
| 2,30259 | 3,80666 | 2,30259 | 4,31749 | 2,99573 | 3,58352 | 2,70805 |
| 3,09104 | 2,70805 | 2,30259 | 2,30259 | 2,99573 | 3,40120 | 3,80666 |
| 4,14313 | 2,83321 | 3,36730 | 3,33220 | 3,40120 | 3,04452 | 2,48491 |

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 4,38203 | 2,56495 | 2,30259 | 2,30259 | 1,09861 | 1,60944 | 2,99573 |
| 4,49981 | 2,83321 | 3,40120 | 3,40120 | 2,83321 | 4,09434 | 4,49981 |
| 3,40120 | 3,68888 | 3,61092 | 2,94444 | 2,99573 | 1,94591 | 4,60517 |
| 3,40120 | 3,68888 | 4,49981 | 3,21888 | 4,00733 | 5,13580 | 3,40120 |
| 4,24850 | 3,71357 | 3,73767 | | | | |

Figura 1B – Gráfico Boxplot das observações.

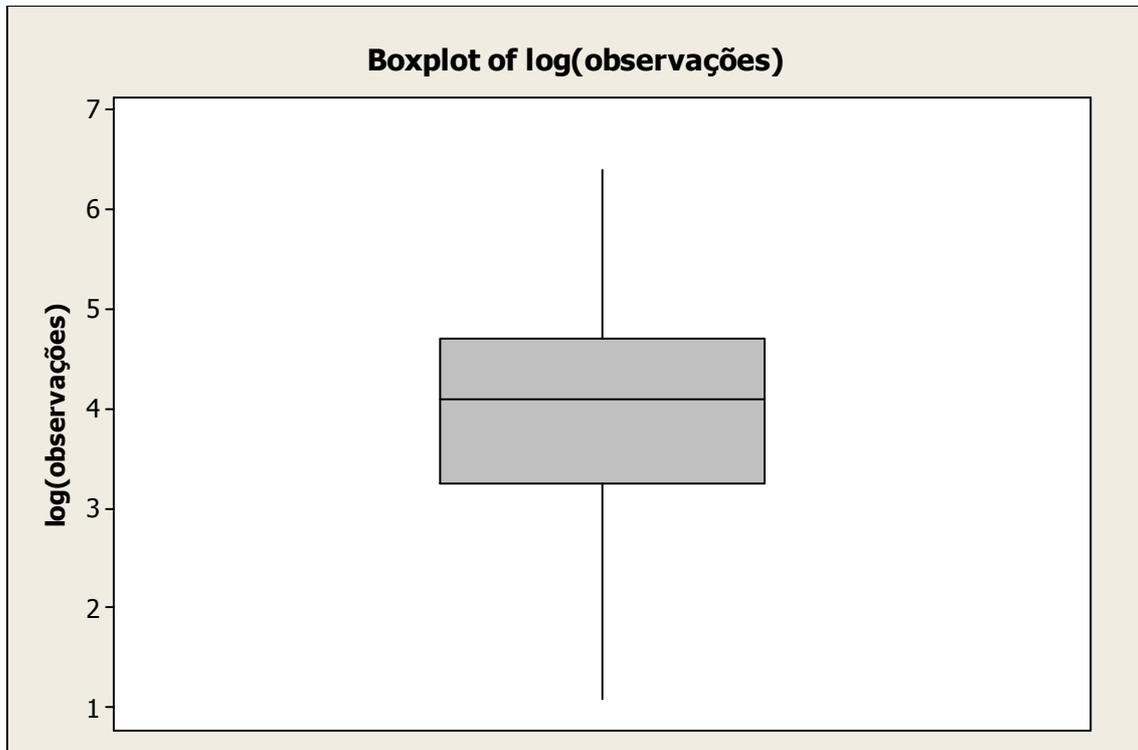


Figura 2B – Gráfico – Histograma das observações.

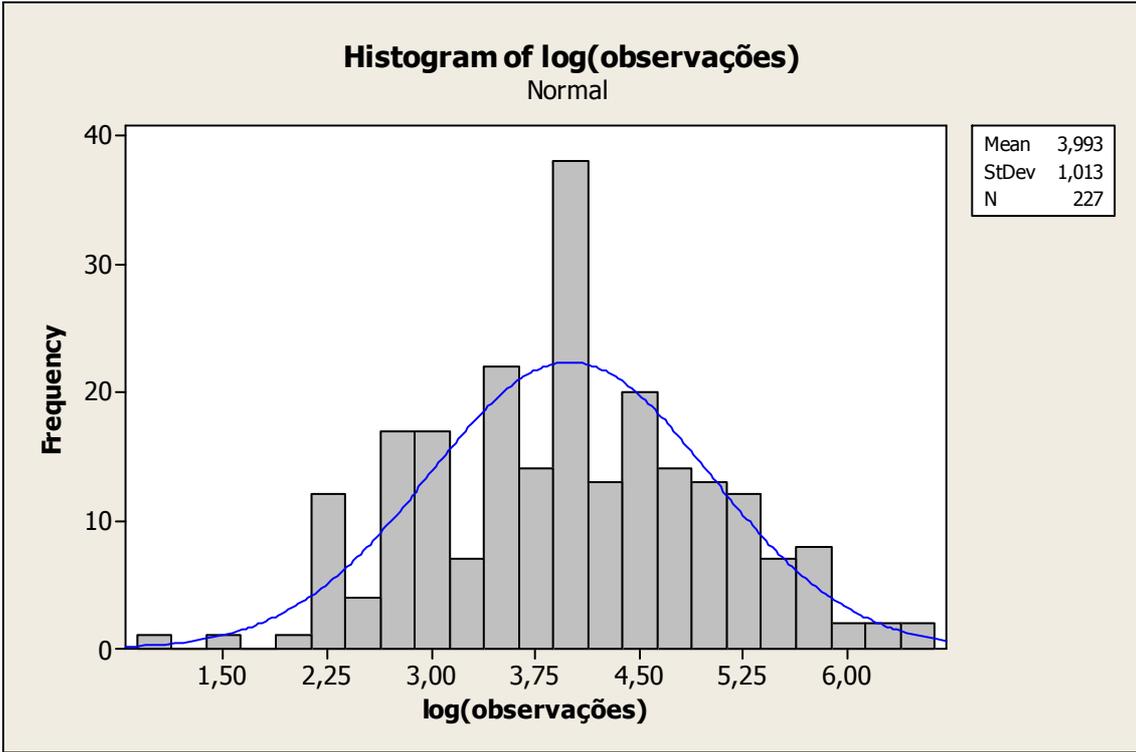
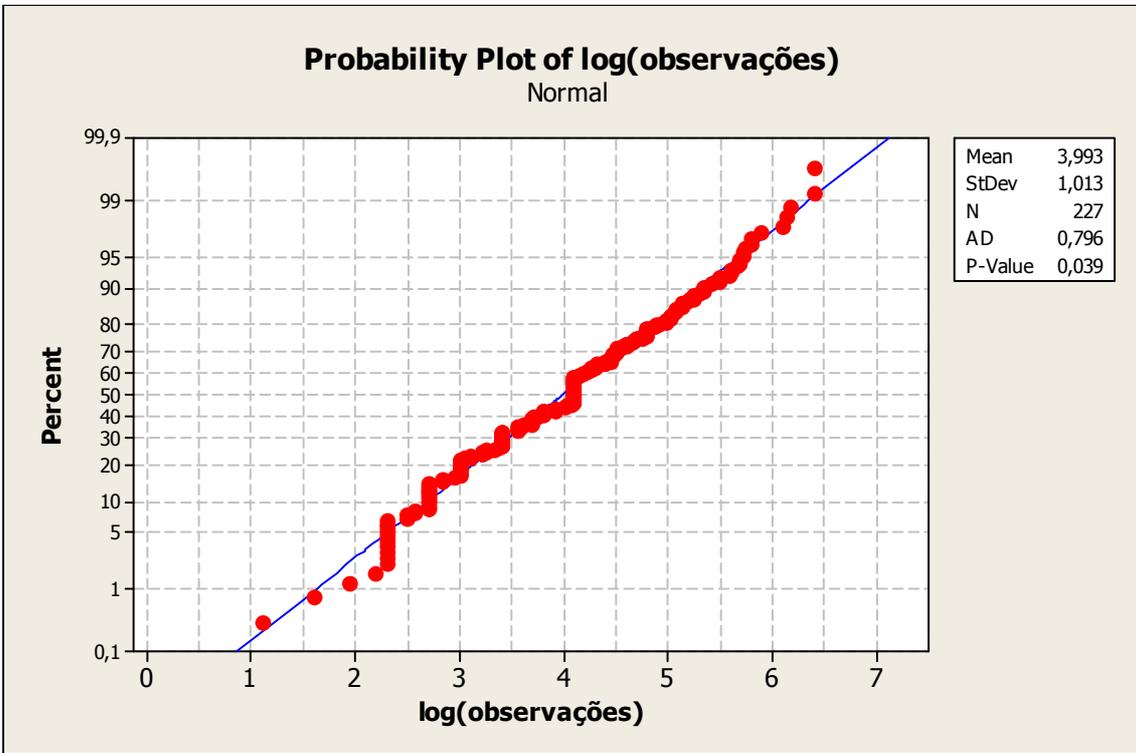


Figura 3B – Gráfico Probabilidade das observações.



Conclusão: boa normalidade para os dados transformados!!

Apêndice C - Dados transformados (escala logarítmica)

| | | | | | | |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| log(refeição) | | | | | | |
| 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,78749 |
| 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,78749 | 4,09434 | 4,09434 |
| 4,09434 | 4,09434 | 4,78749 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 |
| 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | 4,09434 | | | |
| log(necessidades pessoais) | | | | | | |
| 2,70805 | 2,70805 | 2,99573 | 2,30259 | 2,70805 | 2,30259 | 2,70805 |
| 3,55535 | 2,19722 | 2,70805 | 2,30259 | 2,70805 | 3,21888 | 2,70805 |
| 2,70805 | 2,70805 | 2,30259 | 2,30259 | 2,99573 | | |
| log(ginástica laboral) | | | | | | |
| 3,40120 | 2,99573 | | | | | |
| log(manutenção corretiva) | | | | | | |
| 4,97673 | 2,99573 | 4,60517 | 6,39693 | 5,72031 | 6,09807 | 3,40120 |
| 5,68698 | 2,70805 | 4,44265 | 2,70805 | 2,70805 | 4,06044 | 4,53260 |
| 5,04986 | 5,88053 | 3,91202 | 4,60517 | 3,55535 | 3,80666 | 5,07517 |
| 5,48064 | 4,46591 | | | | | |
| log(setup) | | | | | | |
| 4,97673 | 4,44265 | 5,04343 | 5,24702 | 4,55388 | 4,31749 | 6,13123 |
| 3,91202 | 4,70048 | 5,29832 | 5,66988 | 5,13580 | 5,59842 | 4,00733 |
| 5,24702 | 4,74493 | 4,97673 | 5,34711 | 3,91202 | 3,68888 | 4,38203 |
| 5,48064 | 5,73657 | 4,24850 | 3,40120 | 5,48064 | 4,81218 | 3,68888 |
| 5,07517 | 3,80666 | 4,29046 | | | | |
| log(falta de material) | | | | | | |
| 2,99573 | 5,34711 | 4,09434 | 5,68698 | 3,55535 | 3,68888 | 4,09434 |
| 5,57973 | 5,41610 | 4,21951 | 3,68888 | 3,40120 | 4,21951 | 4,17439 |
| 4,48864 | 2,99573 | 3,40120 | 3,25810 | 5,07517 | 3,80666 | 4,29046 |
| log(parada por gestão) | | | | | | |
| 2,99573 | 3,55535 | 2,56495 | 4,78749 | 5,79909 | 6,39693 | 4,90527 |
| 5,01064 | 3,40120 | 3,09104 | 2,99573 | 5,59842 | 2,48491 | |
| log(aguardando o PCP) | | | | | | |
| 4,17439 | 3,40120 | | | | | |
| log(retrabalho) | | | | | | |
| 4,24850 | 6,16331 | 5,78383 | 5,34711 | 3,68888 | | |
| log(abastecimento bobina) | | | | | | |
| 4,78749 | 5,01064 | 4,09434 | 4,44265 | 4,68213 | 4,09434 | 4,09434 |
| 5,13580 | 4,65396 | 3,40120 | 4,89035 | 3,25810 | 4,67283 | 3,21888 |
| 4,09434 | 4,86753 | 4,74493 | 5,23644 | 5,18178 | 4,78749 | 4,45435 |
| 4,09434 | 5,20949 | 5,72685 | 5,01064 | 4,44265 | 4,49981 | 4,02535 |
| 4,46591 | 4,14313 | 4,46591 | 3,91202 | | | |
| log(transporte peças prontas) | | | | | | |
| 2,99573 | 3,55535 | 2,30259 | 3,80666 | 2,30259 | 4,31749 | 2,99573 |
| 3,58352 | 2,70805 | 3,09104 | 2,70805 | 2,30259 | 2,30259 | 2,99573 |
| 3,40120 | 3,80666 | 4,14313 | 2,83321 | 3,36730 | 3,33220 | 3,40120 |
| 3,04452 | 2,48491 | 4,38203 | 2,56495 | 2,30259 | 2,30259 | 1,09861 |
| 1,60944 | 2,99573 | | | | | |
| log(ajuste equipamento) | | | | | | |
| 4,49981 | 2,83321 | 3,40120 | 3,40120 | 2,83321 | 4,09434 | 4,49981 |
| 3,40120 | 3,68888 | 3,61092 | 2,94444 | 2,99573 | 1,94591 | 4,60517 |
| 3,40120 | 3,68888 | 4,49981 | 3,21888 | 4,00733 | 5,13580 | 3,40120 |
| 4,24850 | 3,71357 | 3,73767 | | | | |

Apêndice C: Análise descritiva

DescriptiveStatistics: log(refeição; log(necessid; log(ginástic; ...

| Variable | N | Mean | StDev | Minimum | Median | Maximum |
|----------------------------|----|--------|--------|---------|--------|---------|
| log(refeição) | 25 | 4,1775 | 0,2299 | 4,0943 | 4,0943 | 4,7875 |
| log(necessidades pessoais) | 19 | 2,6762 | 0,3502 | 2,1972 | 2,7081 | 3,5553 |
| log(ginástica laboral) | 2 | 3,198 | 0,287 | 2,996 | 3,198 | 3,401 |
| log(manutenção corretiva) | 23 | 4,473 | 1,124 | 2,708 | 4,533 | 6,397 |
| log(setup) | 31 | 4,753 | 0,706 | 3,401 | 4,812 | 6,131 |
| log(falta de material) | 21 | 4,166 | 0,834 | 2,996 | 4,094 | 5,687 |
| log(parada por gestão) | 13 | 4,122 | 1,340 | 2,485 | 3,555 | 6,397 |
| log(aguardando o PCP) | 2 | 3,788 | 0,547 | 3,401 | 3,788 | 4,174 |
| log(retrabalho) | 5 | 5,046 | 1,044 | 3,689 | 5,347 | 6,163 |
| log(abastecimento bobina) | 32 | 4,494 | 0,581 | 3,219 | 4,483 | 5,727 |
| log(transporte peças pro) | 30 | 2,968 | 0,756 | 1,099 | 2,996 | 4,382 |
| log(ajuste equipamento) | 24 | 3,659 | 0,712 | 1,946 | 3,650 | 5,136 |

Análise gráfica

Figura 1C – Gráfico Boxplot dos grupos de variáveis.

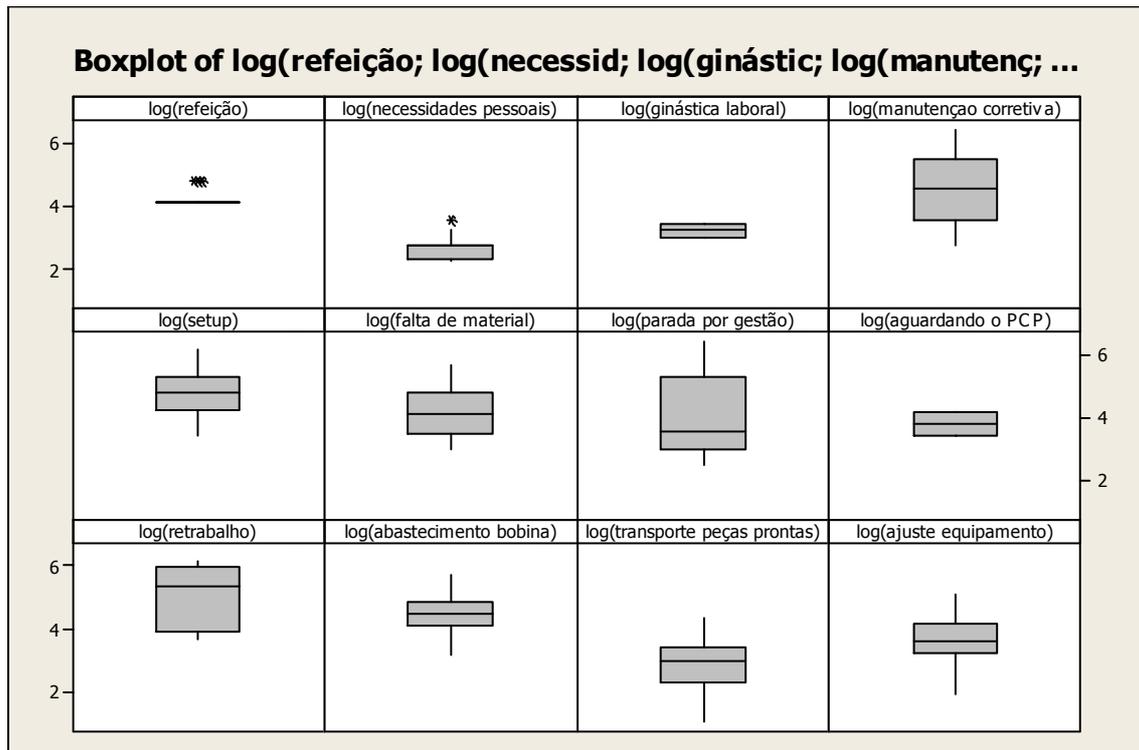
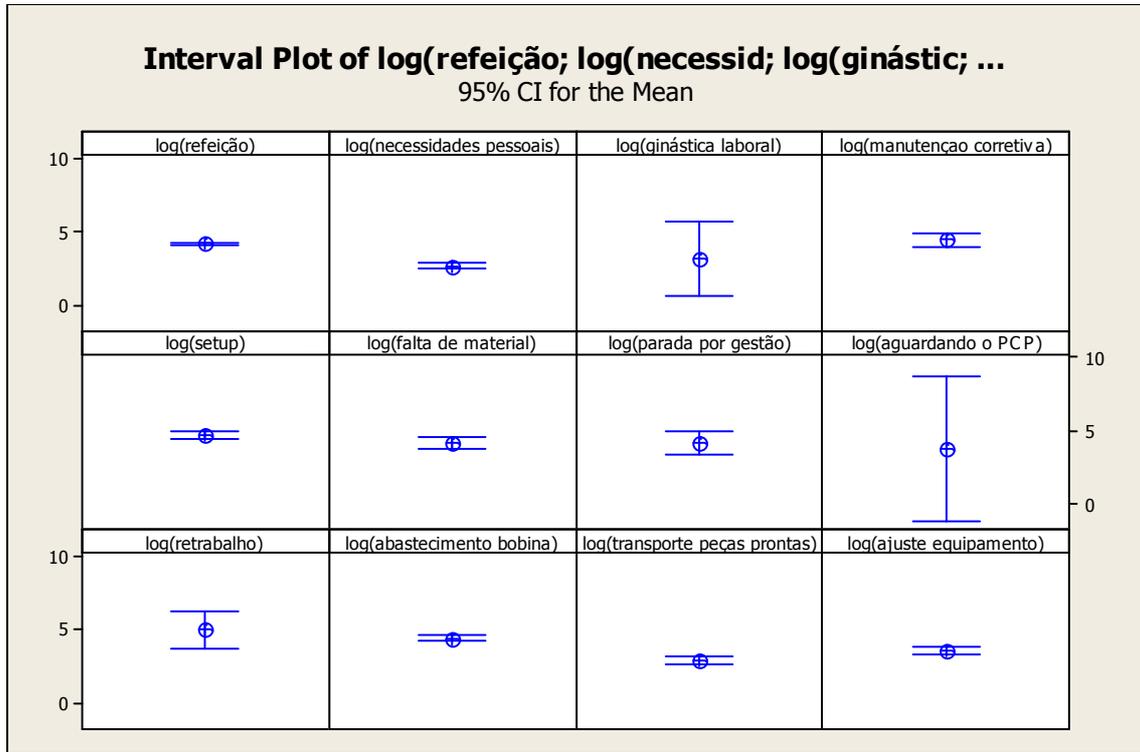


Figura 2C – Gráfico – Intervalo Plot dos grupos de variáveis.



Apêndice D – Análise de variância (dados transformados)

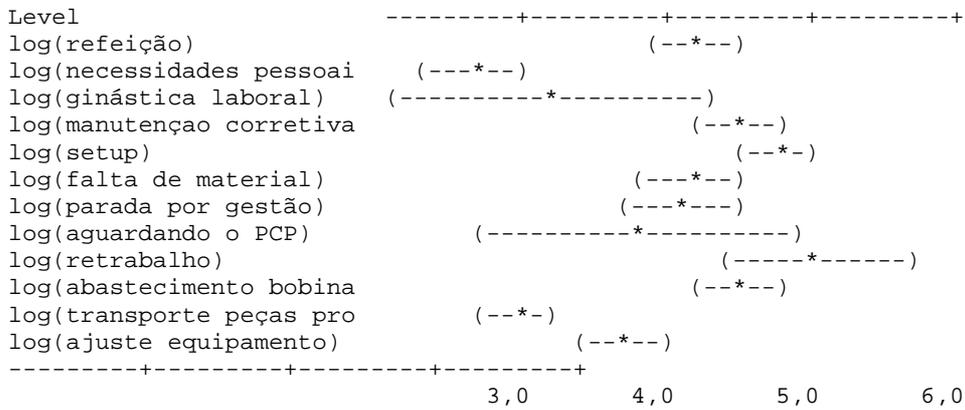
One-way ANOVA: log(refeição; log(necessid; log(gináctic; log(manutenç; ...

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------|---------|---------|-------|-------|---|
| Factor11 | 106,977 | 9,725 | 16,71 | 0,000 | |
| Error215 | 125,131 | 0,582 | | | |
| Total | 226 | 232,108 | | | |

S = 0,7629 R-Sq = 46,09% R-Sq(adj) = 43,33%

| Level | N | Mean | StDev |
|--------------------------|----|--------|--------|
| log(refeição) | 25 | 4,1775 | 0,2299 |
| log(necessidades pessoai | 19 | 2,6762 | 0,3502 |
| log(ginástica laboral) | 2 | 3,1985 | 0,2867 |
| log(manutenção corretiva | 23 | 4,4727 | 1,1242 |
| log(setup) | 31 | 4,7534 | 0,7059 |
| log(falta de material) | 21 | 4,1656 | 0,8343 |
| log(parada por gestão) | 13 | 4,1221 | 1,3404 |
| log(aguardando o PCP) | 2 | 3,7878 | 0,5467 |
| log(retrabalho) | 5 | 5,0463 | 1,0442 |
| log(abastecimento bobina | 32 | 4,4938 | 0,5810 |
| log(transporte peças pro | 30 | 2,9679 | 0,7559 |
| log(ajuste equipamento) | 24 | 3,6587 | 0,7115 |

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



PooledStDev = 0,7629

Grouping Information Using Tukey Method

| N | Mean | Grouping |
|-------------------------------|------|--------------|
| log(retrabalho) | 5 | 5,0463 A |
| log(setup) | 31 | 4,7534 A |
| log(abastecimento bobina) | 32 | 4,4938 A |
| log(manutenção corretiva) | 23 | 4,4727 A |
| log(refeição) | 25 | 4,1775 A B |
| log(falta de material) | 21 | 4,1656 A B |
| log(parada por gestão) | 13 | 4,1221 A B |
| log(aguardando o PCP) | 2 | 3,7878 A B C |
| log(ajuste equipamento) | 24 | 3,6587 B C |
| log(ginástica laboral) | 2 | 3,1985 A B C |
| log(transporte peças prontas) | 30 | 2,9679 C |
| log(necessidades pessoais) | 19 | 2,6762 C |

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% SimultaneousConfidenceIntervals

Conclusão: Grupos similares (igualdade das médias):

- (1) Retrabalho, setup, abastecimento bobina, manutenção corretiva, refeição, falta material, parada gestão, aguardando o PCP.
- (2) Refeição, falta material, parada gestão, aguardando PCP, ajuste equipamento, ginástica laboral.
- (3) Aguardando PCP, ajuste equipamento, ginástica laboral, transporte peças, necessidades pessoais.

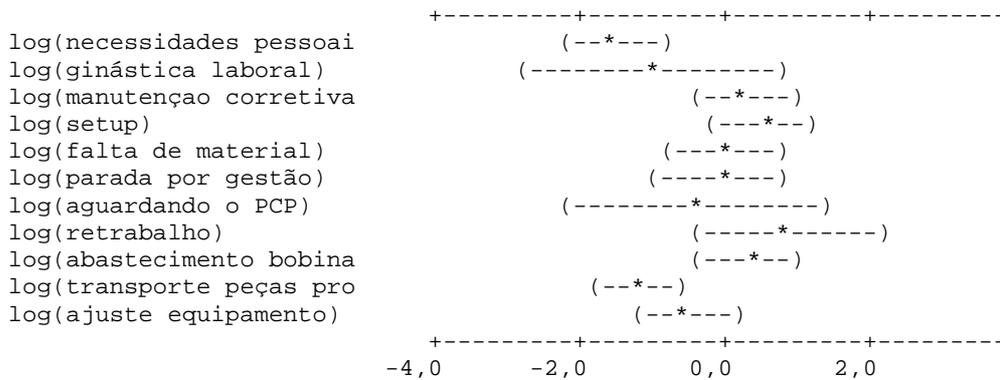
Apêndice E – Comparação entre os pares

All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 99,89%

log(refeição) subtracted from:

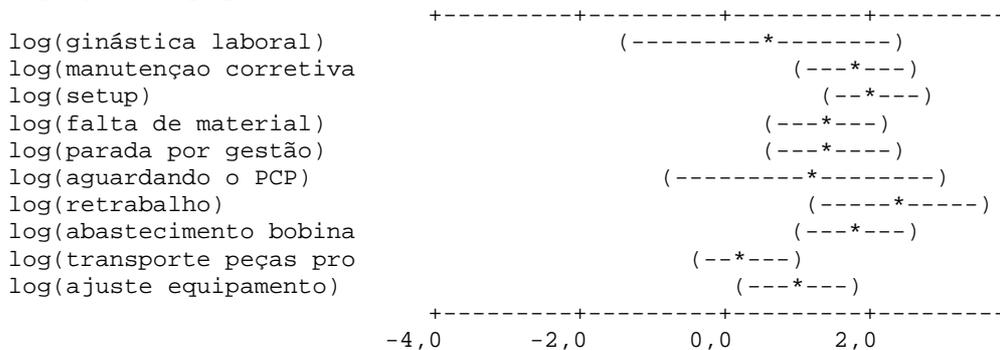
| | Lower | Center | Upper |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| log(necessidades pessoai | -2,2680 | -1,5013 | -0,7346 |
| log(ginástica laboral) | -2,8303 | -0,9791 | 0,8722 |
| log(manutenção corretiva | -0,4327 | 0,2952 | 1,0231 |
| log(setup) | -0,1013 | 0,5758 | 1,2530 |
| log(falta de material) | -0,7576 | -0,0119 | 0,7338 |
| log(parada por gestão) | -0,9169 | -0,0555 | 0,8060 |
| log(aguardando o PCP) | -2,2410 | -0,3897 | 1,4615 |
| log(retrabalho) | -0,3654 | 0,8688 | 2,1030 |
| log(abastecimento bobina | -0,3562 | 0,3162 | 0,9887 |
| log(transporte peças pro | -1,8918 | -1,2096 | -0,5274 |
| log(ajuste equipamento) | -1,2388 | -0,5189 | 0,2011 |



Diferenças significativas: refeição com necessidades pessoais; refeição com transporte peças.

log(necessidades pessoais) subtracted from:

| | Lower | Center | Upper |
|--------------------------|---------|--------|--------|
| log(ginástica laboral) | -1,3505 | 0,5222 | 2,3950 |
| log(manutenção corretiva | 1,0155 | 1,7965 | 2,5775 |
| log(setup) | 1,3431 | 2,0771 | 2,8111 |
| log(falta de material) | 0,6917 | 1,4894 | 2,2870 |
| log(parada por gestão) | 0,5391 | 1,4458 | 2,3526 |
| log(aguardando o PCP) | -0,7612 | 1,1116 | 2,9843 |
| log(retrabalho) | 1,1039 | 2,3701 | 3,6363 |
| log(abastecimento bobina | 1,0879 | 1,8175 | 2,5471 |
| log(transporte peças pro | -0,4469 | 0,2917 | 1,0303 |
| log(ajuste equipamento) | 0,2088 | 0,9824 | 1,7560 |

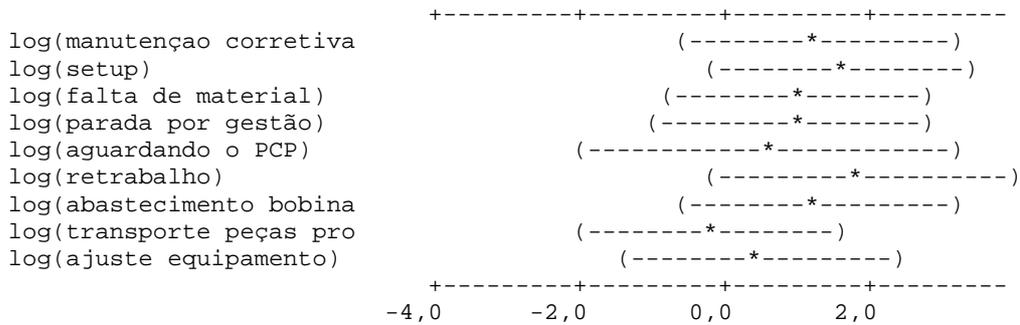


Diferenças significativas necessidades pessoais com todos exceto aguardando PCP e transporte peças.

log(ginásticalaboral) subtracted from:

Lower Center Upper

| | | | |
|--------------------------|---------|---------|--------|
| log(manutenção corretiva | -0,5829 | 1,2742 | 3,1314 |
| log(setup) | -0,2830 | 1,5549 | 3,3928 |
| log(falta de material) | -0,8971 | 0,9672 | 2,8314 |
| log(parada por gestão) | -0,9899 | 0,9236 | 2,8371 |
| log(aguardando o PCP) | -1,9299 | 0,5893 | 3,1085 |
| log(retrabalho) | -0,2599 | 1,8479 | 3,9556 |
| log(abastecimento bobina | -0,5409 | 1,2953 | 3,1315 |
| log(transporte peças pro | -2,0703 | -0,2305 | 1,6092 |
| log(ajuste equipamento) | -1,3939 | 0,4602 | 2,3143 |

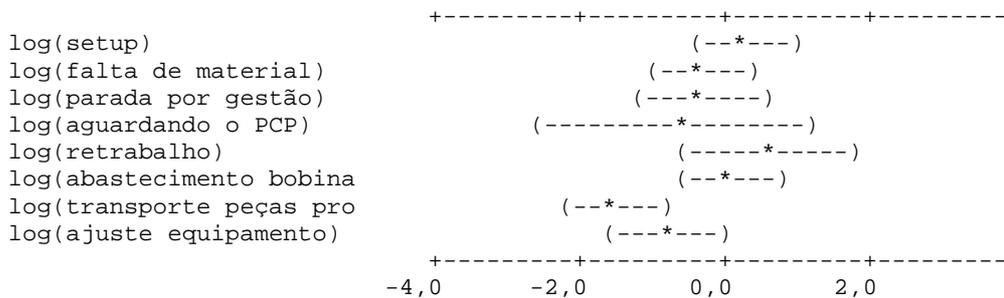


Diferenças significativas ginástica laboral com nenhum.

log(manutenção corretiva) subtracted from:

Lower Center Upper

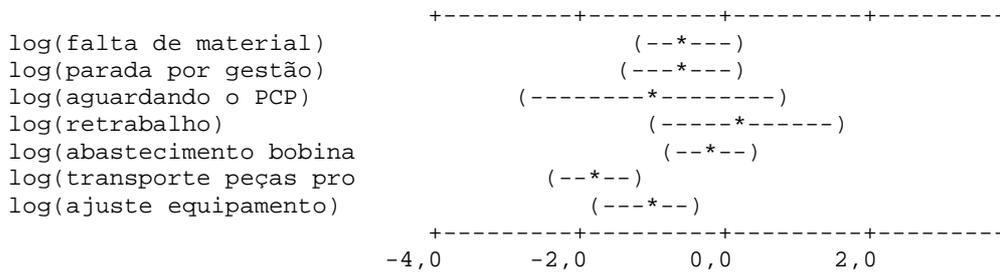
| | | | |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| log(setup) | -0,4126 | 0,2807 | 0,9740 |
| log(falta de material) | -1,0674 | -0,3071 | 0,4533 |
| log(parada por gestão) | -1,2248 | -0,3506 | 0,5235 |
| log(aguardando o PCP) | -2,5421 | -0,6849 | 1,1723 |
| log(retrabalho) | -0,6695 | 0,5736 | 1,8167 |
| log(abastecimento bobina | -0,6676 | 0,0210 | 0,7097 |
| log(transporte peças pro | -2,2030 | -1,5048 | -0,8066 |
| log(ajuste equipamento) | -1,5491 | -0,8140 | -0,0789 |



Diferenças significativas manutenção corretiva com transporte peças e ajuste equipamento.

log(setup) subtracted from:

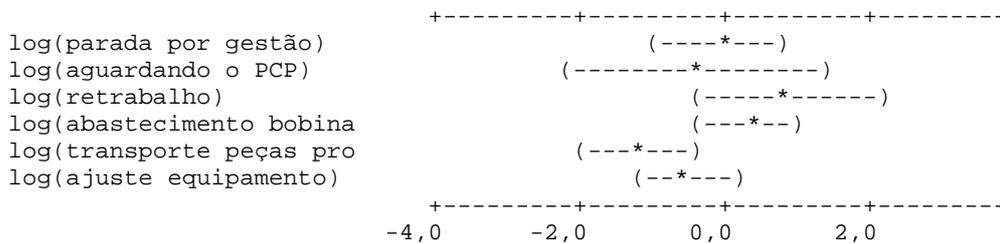
| | Lower | Center | Upper |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| log(falta de material) | -1,2997 | -0,5877 | 0,1242 |
| log(parada por gestão) | -1,4637 | -0,6313 | 0,2011 |
| log(aguardando o PCP) | -2,8035 | -0,9656 | 0,8723 |
| log(retrabalho) | -0,9211 | 0,2930 | 1,5070 |
| log(abastecimento bobina) | -0,8945 | -0,2596 | 0,3752 |
| log(transporte peças pro | -2,4306 | -1,7854 | -1,1402 |
| log(ajuste equipamento) | -1,7797 | -1,0947 | -0,4098 |



Diferenças significativas setup com transporte peças e ajuste equipamento.

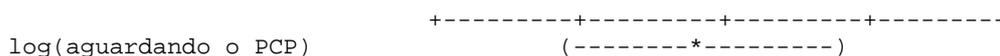
log(falta de material) subtracted from:

| | Lower | Center | Upper |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| log(parada por gestão) | -0,9326 | -0,0436 | 0,8455 |
| log(aguardando o PCP) | -2,2421 | -0,3778 | 1,4864 |
| log(retrabalho) | -0,3729 | 0,8807 | 2,1343 |
| log(abastecimento bobina) | -0,3794 | 0,3281 | 1,0356 |
| log(transporte peças pro | -1,9145 | -1,1977 | -0,4809 |
| log(ajuste equipamento) | -1,2597 | -0,5070 | 0,2458 |



log(parada por gestão) subtracted from:

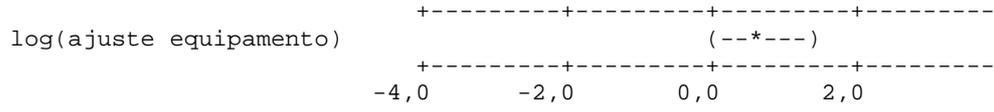
| | Lower | Center | Upper |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| log(aguardando o PCP) | -2,2477 | -0,3343 | 1,5792 |
| log(retrabalho) | -0,4014 | 0,9243 | 2,2500 |
| log(abastecimento bobina) | -0,4569 | 0,3717 | 1,2003 |
| log(transporte peças pro | -1,9906 | -1,1541 | -0,3176 |
| log(ajuste equipamento) | -1,3309 | -0,4634 | 0,4041 |



Diferenças significativas abastecimento bobina com transporte peça e ajuste equipamento.

log(transporte peças prontas) subtractedfrom:

| | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| Lower | Center | Upper | |
| log(ajuste equipamento) | 0,0008 | 0,6907 | 1,3806 |



Diferenças significativas transporte peças e ajuste equipamento.

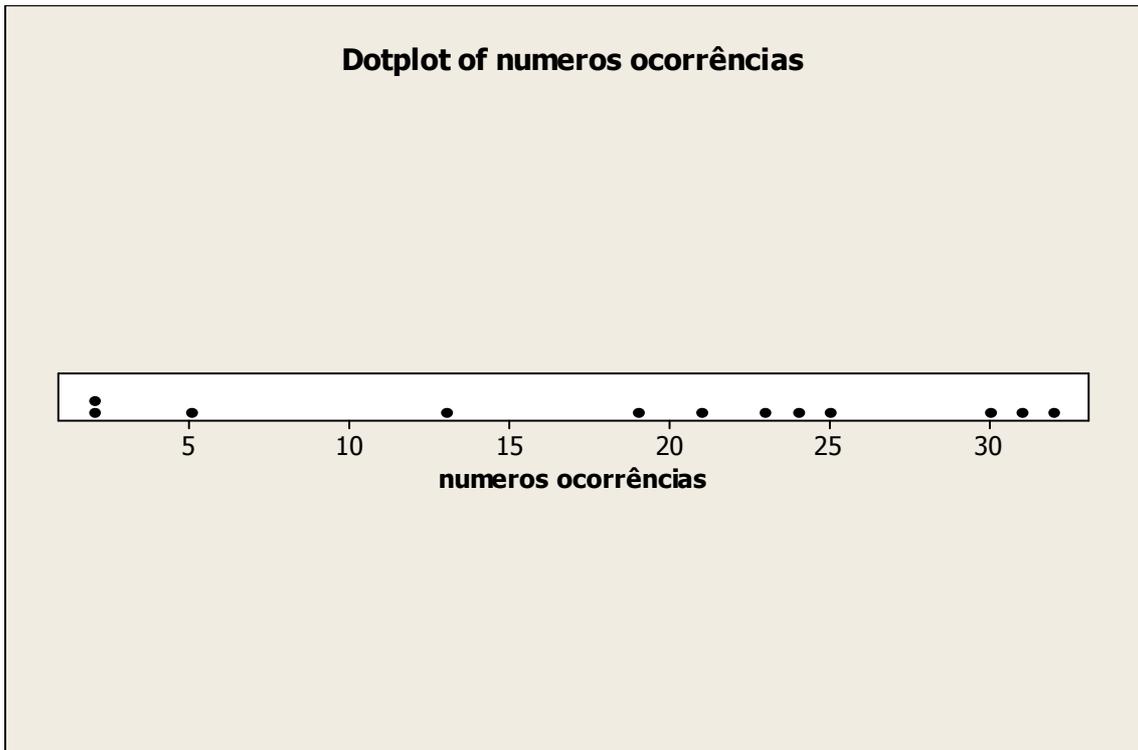
Apêndice F – Análise números ocorrências

números ocorrências
 25 19 2 23 31 21 13 2 5 32 30 24

***Descriptive Statistics:* números ocorrências**

| Variable | N | Mean | StDev | Minimum | Median | Maximum |
|---------------------|----|-------|-------|---------|--------|---------|
| numeros ocorrências | 12 | 18,92 | 10,97 | 2,00 | 22,00 | 32,00 |

Figura 1F – Dotplot do número de ocorrências.

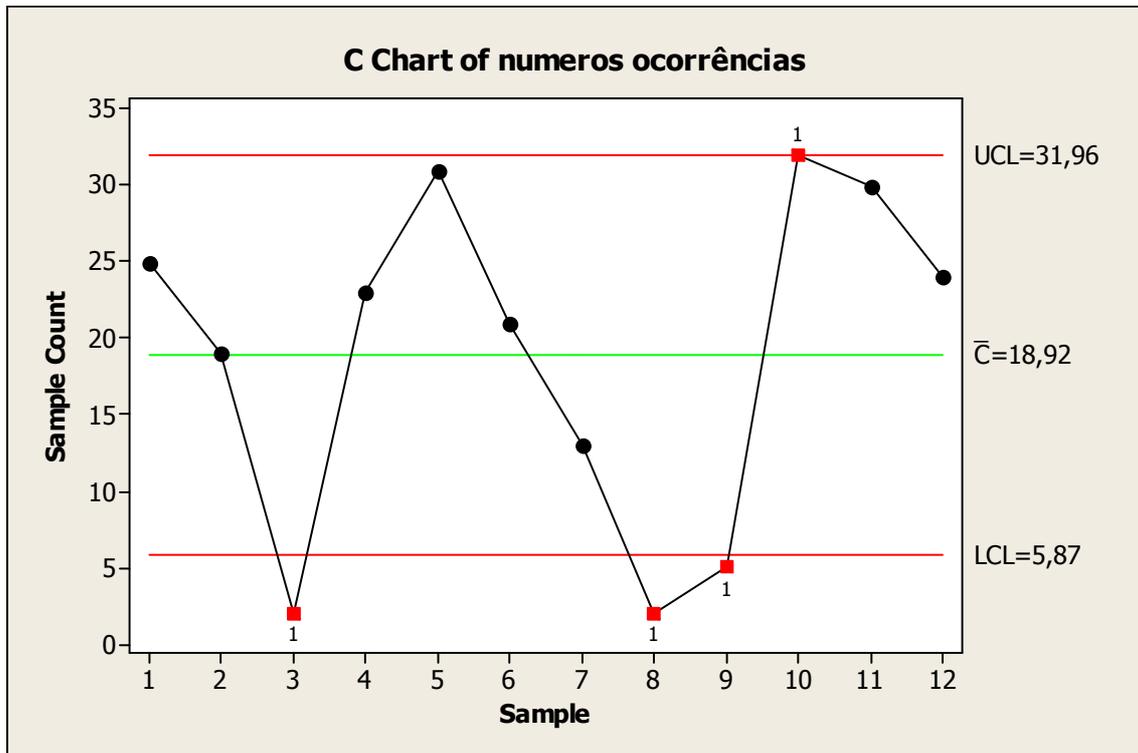


Confidence Interval for One-Sample Poisson Rate: numerosocorrências

| Variable | Occurrences | N | Total Occurrence | Rate of 95% CI |
|---------------------|-------------|----|------------------|----------------------------|
| numeros ocorrências | | 12 | 227 | 18,9167 (16,5357, 21,5442) |

Gráfico de controle (números ocorrências)

Figura 2F – Gráfico C Chart do número de ocorrências.



Somas tempos

Sum of refeição = 1680

Sum of necessidades pessoais = 294

Sum of ginástica laboral = 50

Sum of manutenção corretiva = 3452

Sum of setup = 4511

Sum of falta de material = 1924

Sum of parada por gestão = 1757

Sum of aguardando o PCP = 95

Sum of retrabalho = 1120

Sum of abastecimento bobina = 3334

Sum of transporte peças prontas = 759

Sum of ajuste equipamento = 1180

| | | | | | | | | |
|-------|------|------|-----|------|------|------|------|----|
| somas | 1680 | 294 | 50 | 3452 | 4511 | 1924 | 1757 | 95 |
| | 1120 | 3334 | 759 | 1180 | | | | |

Descriptive Statistics: somas

| Variable | N | Mean | StDev | Minimum | Median | Maximum |
|----------|----|------|-------|---------|--------|---------|
| somas | 12 | 1680 | 1429 | 50 | 1430 | 4511 |

Figura 3F – Gráfico I Chart das somas.

